

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Т. С. Айрапетян

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ
СТІЧНИХ ВОД»**

*(для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси),
фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2017

Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод» для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси), фахове спрямування «Рациональне використання і охорона водних ресурсів» / Т. С. Айрапетян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 73 с.

Автор доц. Т. С. Айрапетян

Рецензент проф. С. С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 28.08.2015 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
<i>ЗМ 1.1 ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....</i>	6
Тема 1 Промислові стічні води.....	6
1.1 Класифікація стічних вод, що відводяться від промислових підприємств.....	6
1.2 Склад забруднень та властивості виробничих стічних вод.....	6
1.3 Режим водовідведення.....	10
Тема 2 Особливості систем водовідведення промислових підприємств	11
2.1 Системи водовідведення. Роздільне та сумісне відведення стоків.	11
2.2 Умови приймання у міську каналізацію та умови випуску стічних вод у водойми.....	14
Тема 3 Поверхневі стічні води, що стікають з територій промислових підприємств та засоби їх очистки.....	17
3.1 Особливості хімічного складу поверхневого стоку.....	17
3.2 Засоби каналізування та очищення. Схеми очистки.....	18
<i>ЗМ 1.2 МЕТОДИ ТА СПОРУДИ З ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД.....</i>	19
Тема 4 Механічна очистка промислових стічних вод.....	19
4.1 Класифікація методів очистки промислових стічних вод.....	19
4.2 Усереднення стічних вод.....	21
4.3 Відстоювання. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості.....	25
4.4 Очистка від спливаючих домішок. Відстійники спеціального призначення.....	33
Тема 5 Відстоювання у полі відцентрових сил.....	36
5.1 Напірні гідро циклони.....	36
5.2 Відкриті гідроциклони, флокулятори.....	36
Тема 6 Очистка вод методом фільтрування.....	43

6.1 Класифікація фільтрів.....	43
6.2 Сітчасті фільтри.....	45
6.3 Напірні фільтри.....	46
6.4 Фільтри з плаваючим завантаженням.....	46
6.5 Каркасно-засипні фільтри.....	47
Тема 7 Фізико-хімічні методи очистки. Очистка методом флотації....	49
7.1 Сутність флотації. Загальні відомості про флотацію, формування флотаційного агрегату.....	49
7.2 Види флотації. Схема напірної флотації.....	52
Тема 8 Хімічні та електрохімічні методи очистки.....	55
8.1 Основні способи нейтралізації. Реагенти, установки для нейтралізації	55
8.2 Обробка стічних вод електрофлотацією.....	60
8.3 Очистка промислових стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлотокоагуляції.....	62
Тема 9 Регенеративні та деструктивні методи очистки стічних вод від розчинених органічних домішок.....	64
9.1 Очистка стічних вод методом екстракції.....	64
9.2 Перегонка та ректифікація(евапорація).....	68
9.3 «Вогневий» метод. Метод рідкофазного окислювання.....	70
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	73

ВСТУП

Промислові підприємства (ПП) витрачають величезну кількість води, а деякі вимагають навіть безперервної подачі води. Зі збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів, споживання води збільшується.

Система водовідведення ПП призначена для забезпечення відводу води, що в силу придбаних технологічних і виробничих забруднень перетворилася в стічну воду, яку необхідно очищати перед повторним використанням або скиданням за межі ПП. Після використання у виробничих цілях вода забруднюється або нагрівається, змінює свої первинні властивості, що робить її непридатною для подальшого використання, тобто вона перетворюється у виробничі стічні води (промислові стоки).

У складі інженерних комунікацій кожного промислового підприємства є комплекс водовідвідних мереж і споруд, за допомогою яких здійснюється відведення з території підприємства стічних відпрацьованих вод (якщо подальше використання їх неможливо за технічними умовами, або недоцільно за техніко-економічними показниками), а також споруд і устаткування для очистки стічних вод та видалення з них цінних речовин і домішок.

При проектуванні очисних споруд необхідно враховувати склад і властивості виробничих стічних вод, норми водовідведення на одиницю продукції, умови випуску виробничих стоків у міську каналізацію й водойми, а також необхідний ступінь їх очистки.

ТЕМА 1 ПРОМИСЛОВІ СТІЧНІ ВОДИ

1. Класифікація стічних вод, що відводяться від промислових підприємств
2. Склад забруднень та властивості виробничих стічних вод.
3. Режим водовідведення.

1.1 Класифікація стічних вод, що відводяться від промислових підприємств

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств (ПП), за складом розділяють на три види:

- виробничі, які утворюються в процесі виробництва різних виробів, продуктів, матеріалів (технологічні розчини, що відпрацювали, промивні води, води від охолодження; шахтні і кар'єрні води; води від хімводоочистки (ХВО); води від миття устаткування й виробничих приміщень, води від збагачувальних фабрик, а також від очистки та охолодження газоподібних відходів, очистки твердих відходів і їх транспортування тощо);
- атмосферні води - дощові води та води від танення снігу;
- побутові – стічні води від санітарних вузлів виробничих корпусів і будинків, а також від душових установок, наявних на території ПП.

Відповідно до цього розподілу на ПП існують три колектори для відводу:

- виробничо-технологічних стічних вод, тобто використаних у технологічному процесі або що утворюються при видобутку корисних копалин (вугілля, руди, нафти), технологічних процесах їх переробки на металургійних підприємствах і одержанні готового продукту;
- побутових стічних вод;
- поверхневого стоку з території ПП, що утворюється з дощових і талих вод;

Побутова каналізація ПП підключається до загальноміської. Таким чином, водовідведення ПП розглядається в основному відносно до виробничих стічних вод і поверхневого стоку з території ПП.

1.2 Склад та властивості виробничих стічних вод

Виробничі стічні води поділяють на дві основні категорії: забруднені і незабруднені («умовно чисті»). На промислових підприємствах значну частину води (на окремих виробництвах до 70–90 %) витрачають на охолодження устаткування, готової продукції тощо. Ця вода практично не забруднюється, а лише нагрівається.

Отже, до промислових стічних вод відносяться:

- умовно чисті (від охолодження агрегатів);
- хімічно забруднені стічні води;
- поверхневі стічні води, що збираються на території підприємств.

Хімічно забруднені стічні води, в свою чергу, поділяють на:

- органічно забруднені (підприємства м'ясної, харчової, целюлозно-паперової, хімічної промисловості, заводи з виробництва пластмас, каучуку);
- забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, машинобудівної, рудо- й вуглевидобувної промисловості, заводи з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних матеріалів);
- забруднені мінеральними і органічними домішками (підприємства нафтовидобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, текстильної, легкої, фармацевтичної промисловості; заводи з виробництва консервів, цукру, та ін.);
- води, що мають специфічні забруднення.

Речовини, що забруднюють виробничі стічні води, різноманітні і залежать від технології та виду виробництва.

За вмістом забруднюючих речовин виробничі стічні води (слабоконцентровані та висококонцентровані) розділяються на чотири групи: 1-500, 500–5000, 5000–30000 і більше 30 000 мг/л.

Виробничі стічні води можуть розрізнятися за фізичними властивостями забруднюючих їх органічних продуктів (наприклад, за температурою кипіння): менше 120 °С, 120–250 °С та вище 250 °С.

За ступенем агресивності стічні води поділяють на:

- слабоагресивні (слабокислі із $\text{pH} = 6\text{--}6,5$ і слабколужні із $\text{pH} = 8\text{--}9$);
- сильноагресивні (сильнокислі із $\text{pH} < 6$ і сильнолужні із $\text{pH} > 9$);
- неагресивні (з $\text{pH} = 6,5\text{--}8$).

Для розробки раціональної схеми водовідведення і оцінки можливості повторного використання виробничих стічних вод визнають їх склад і режим водовідведення. При цьому аналізують фізико-хімічні показники стічних вод і режим надходження в каналізаційну мережу не тільки загального стоку промислового підприємства, але й стічних вод від окремих цехів.

Під час аналізу стічних вод визначають: вміст компонентів, специфічних для даного виду виробництва (фенолів, нафтопродуктів, поверхнево-активних, радіоактивних, вибухонебезпечних речовин), загальну кількість органічних речовин, що виражається величинами $\text{БПК}_{\text{повн}}$ і ХПК ; активну реакцію; інтенсивність забарвлення; ступінь мінералізації. Необхідно встановити такі параметри, як кінетика осідання або спливання механічних домішок та ін. Ці дані дозволяють вибрати найбільш доцільний і економічно обґрунтований метод очистки стічних вод для певного підприємства.

Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод окремих підприємств свідчать про широкий діапазон коливань складу цих вод, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очистки для кожного виду виробничих стічних вод.

Якість стічних вод характеризується вмістом компонентів, специфічних для даного виду виробництва: загальною кількістю органічних речовин, активною реакцією, інтенсивністю кольору, ступенем мінералізації, наявністю біогенних елементів, режимом притоку, властивостями домішок і ін. Ці дані дозволяють вибрати найбільш раціональний метод очищення стічних вод певного

підприємства. Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод окремих підприємств свідчать про широкий діапазон коливань складу цих вод, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очищення для кожного виду вод.

Виробничі стічні води різних галузей промисловості істотно відрізняються як за складом забруднюючих речовин, так і за їх концентраціями.

Заводи чорної металургії. Вода забруднена завислими речовинами (0,2–5 г/л – різні цехи), окалиною (0,3–2 г/л – прокатні цехи), залізом 3–5 мг/л і мастилами 200–250 мг/л; сірчаною кислотою до 0,3 г/л і залізним купоросом до 0,7 г/л (травильні установки – промивні води), фенолами 0,7–1 г/л тощо.

Коксохімічні заводи. Стічні води містять завислі речовини (0,3–0,5 г/л), смоли і мастила (0,3–0,5 г/л), феноли (0,4–1,8 г/л), аміак (0,2–3 г/л і більше), ціаніди і роданіди (0,1–0,4 г/л), солі неорганічних кислот. Високий вміст органічних речовин – БПК₅ = 0,8–3 г/л (хімічні цехи – фенольні води).

Нафтопереробні заводи з нафтохімічними виробництвами. Стічні води забруднені нафтою і нафтопродуктами від 150 мг/л до 15 г/л, завислими речовинами до 300 мг/л, солями (хлориди) 3–15 мг/л, різними органічними речовинами. БПК стічних вод коливається від 150 мг/л (більшість виробництв) до 7 г/л (виробництво жирних кислот).

У стічних водах целюлозно-паперових заводів завислих речовин затримуються 400–2000 мг/л – це переважно волокно і целюлоза.

Текстильні підприємства. Основні забруднюючі речовини: миючі засоби (50–120 мг/л), завислі речовини (250–400 мг/л), барвники; БПК досягає 300–350 мг/л. Сильно забруднені СВ *фабрик первинної обробки шерсті*: завислі речовини (20–40 г/л), тваринний жир (8–12 г/л); БПК₂₀ 16–20 г/л.

У стічних водах підприємств важкої індустрії затримуються в основному забруднення мінерального походження, а харчової й легкої промисловості – забруднення органічного походження.

Машинобудівні й автомобільні заводи. Концентрація забруднень у стічних водах становить: ціанідів – 70–120 мг/л, хрому – 40–60 мг/л, кислот – 70–100 мг/л, нафтопродуктів – 25–40 мг/л (цехи металопокриттів), завислих речовин – 100–200 мг/л (загальний стік). У відпрацьованих розчинах і емульсіях вміст забруднень досягає: хрому – 200 г/л, ціану – 100 г/л, мастил – 50 г/л, окалини – 15 г/л.

Слід також відмітити, що на різних підприємствах, навіть при однакових технологічних процесах, склад виробничих стічних вод, режим водовідведення і питома витрата на одиницю продукції, що випускається, дуже різноманітні.

Велике значення у формуванні складу виробничих стічних вод має вид перероблюваної сировини. Склад стічних вод залежить також від технологічного процесу виробництва, застосовуваних компонентів, проміжних виробів і продуктів, продукції, що випускається, складу вихідної водопровідної води, місцевих умов і інших факторів.

Кількість виробничих стічних вод визначається залежно від продуктивності підприємства за укрупненими нормами водоспоживання та водовідведення для різних галузей промисловості.

Нормою водоспоживання вважається доцільна кількість води, яка необхідна для виробничого процесу, встановлена (або що рекомендується) на підставі передового досвіду чи науково обґрунтованого розрахунку. Нормою водовідведення є встановлена середня кількість стічних вод, що відводяться від виробництва у водойму при доцільній нормі водоспоживання.

До укрупненої норми водоспоживання входять всі витрати води на підприємстві, як виробничі, так і господарсько-питні, витрати для приймання душів тощо. Норма водовідведення включає кількість стічних вод, що випускаються у водойму: очищених виробничих і побутових, виробничих, що не потребують очистки, фільтраційних, із ставків-освітлювачів, хвостосховищ і шламонакопичувачів.

Укрупнені норми водоспоживання та водовідведення виражаються в м³ води на одиницю готової продукції або використовуваної сировини.

Укрупнені норми водовідведення в різних галузях промисловості коливаються в широких межах. Так, наприклад, при збагаченні 1 т вугілля утворюється 0,08 м³ стічних вод; при виплавці 1 т сталі – 4 м³; при виробництві 1 т синтетичного дивинилового каучуку – 18 м³; 1 т добрив – 2 м³; 1 т бавовняної тканини – 300 м³; 1 т хліба – 4 м³, 1 т м'яса – 22 м³; 1 т цементу – 0,12 м³. При відсутності норм водовідведення кількість стічних вод визначається за технологічними розрахунками відповідно до регламенту виробництва. Кількість стічних вод від великих промислових підприємств може досягати 200-400 тис. м³ за одну добу, що відповідає кількості стічних вод від міста з населенням 1-2 млн. осіб.

Розрахункові витрати виробничих стічних вод, що надходять на очисні споруди, визначають за формулами:

добова витрата, м³/доб

$$Q_{доб} = N \cdot M, \quad (1.1)$$

де N – норма водовідведення на одиницю продукції або сировини, що переробляється, м³/од продукції;

M – добова продуктивність цеху, установок по сировині або продукції, од. прод./добу.

Секундна витрата, л/с

$$q_{с max} = \frac{N \cdot M_{зм} \cdot K_{год}}{T \cdot 3,6}, \quad (1.2)$$

де $M_{зм}$ – змінна продуктивність цеху, установки по сировині або продукції, од. прод./зм;

$K_{год}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності утворення промстоків;

T – тривалість роботи цеху в зміну, год.

На практиці ж кількість промстоків від окремих установок або цехів може коливатися в широких межах: від декількох м³/год до десятків тисяч. Крім того, слід враховувати нерівномірність утворення промстоків і при проектуванні передбачати акумулюючі ємкості необхідних обсягів.

Розрахункові добові, годинні й секундні витрати побутових стічних вод на промислових підприємствах визначаються для зміни з максимальною кількістю працюючих людей з урахуванням числа робочих годин у зміну за наступними формулами:

$$Q_{доб} = \frac{25 \cdot n_1 + 45 \cdot n_2}{1000} \quad (1.3)$$

$$Q_{доб} = \frac{25 \cdot n_3 \cdot k_1 + 45 \cdot n_4 \cdot k_2}{T \cdot 1000} \quad (1.4)$$

де n_1 і n_2 – кількість працюючих у добу в цехах при нормах водовідведення відповідно 25 і 45 л на одну людину (холодні і гарячі цехи); n_3 і n_4 – максимальна кількість працюючих у зміну при тих же нормах водовідведення; K_1 і K_2 – коефіцієнти годинної нерівномірності, які відповідають тим же нормам водовідведення і дорівнюють 3 і 2,5.

Витрати стічних вод від душових установок у побутових приміщеннях промислових підприємств обчислюють у відповідності від кількості душових сіток, що визначається залежно від характеру процесу, санітарної характеристики, кількості працюючих, що користуються душем у найбільш численну зміну.

Орієнтовно кількість робітників, що користуються душем, у текстильній промисловості складає 10 %, машинобудівній – 25 %, металургійній, металообробній, хімічній, целюлозно-паперовій – 40 %, харчовій, шкіряній, будівельних матеріалів – 75 % і т.д.

Розрахункова кількість людей на 1 душову сітку залежить від категорії виробництва і становить: для мартенівських, прокатних, термічних, ливарних, вогнетривких, нафтохімічних, віскозних, хлорних, фенольних цехів – 3 ос.; для харчових, фармацевтичних, металообробних, бавовняних, фарбувальних, скляних, мийних цехів – 5 ос.; для прядильних, ткацьких, текстильних, сушильних цехів – 7 ос.; для механоскладальних, інструментальних, деревообробних 15 ос. і т.д.

Витрата води на 1 душову сітку складає 500 л/год при коефіцієнті нерівномірності $K_2 = 1$. Витрата душових вод приймається в першу годину наступної зміни в обсязі 100 % змінної витрати попередньої зміни, при цьому тривалість користування душем дорівнює 45 хв.

1.3 Режим водовідведення

При проектуванні водовідвідних мереж і очисних споруд необхідно знати не тільки добову кількість стічних вод, але і режим їх надходження за годинами доби, інакше кажучи, годинний графік припливу стічних вод. Виробничі стічні води протягом зміни можуть надходити рівномірно або нерівномірно, що пов'язано з безперервною або періодичною роботою технологічних установок. На багатьох виробництвах хімічної, легкої, текстильної, фармацевтичної, харчової й інших галузей промисловості відбуваються залпові надходження висококонцентрованих і високотоксичних стоків. При цьому періодичність скидання може бути один раз у зміну, у добу, у тиждень. Режим спуску виробничих стоків цілком визначається регламентом технологічного процесу виробництва окремих цехів і промислового підприємства в цілому.

Для промислових підприємств, крім режиму водовідведення стічних вод за годинами, на протязі доби слід враховувати графіки добового коливання складу стічних вод за основними фізико-хімічними показниками, а також за специфічними забруднюючими компонентами (поверхнево-активними, токсичними і радіоактивними речовинами).

Контрольні питання

1. Поняття «стічні води». Основні категорії стічних вод, що відводяться від промислових підприємств.
2. За якими показниками хімічного складу та фізико-хімічними властивостями забруднюючих речовин розділяють виробничі стічні води?
3. Види забруднень промислових стічних вод.
4. Як визначити розрахункову витрату виробничих стічних вод?
5. Кількісна та якісна характеристика промислових стічних вод. Навести приклади.

ТЕМА 2 ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1. Системи водовідведення. Роздільне та сумісне відведення стоків.
2. Умови приймання у міську каналізацію та умови випуску стічних вод у водойми.

2.1 Системи водовідведення. Роздільне та сумісне відведення стоків

Під системою каналізації розуміють спосіб відведення стічних вод з території об'єкта, що каналізується. На промислових підприємствах залежно від характеру забруднення стічних вод і способів очистки системи водовідведення підприємств, як і системи водовідведення міст є загальносплавні, роздільні (повні, неповні) й змішані. Вибір системи водовідведення підприємств дуже важливий, оскільки на деяких підприємствах можуть утворюватися до 5-10 різних видів стічних вод, що відрізняються за витратою, складом і властивостями забруднень, що містяться у них.

При проектуванні і експлуатації водовідвідних систем промислових підприємств розрізняють майданчикову і позамайданчикову системи.

Очисні споруди промислових підприємств розміщують як правило на території цих підприємств.

Особливістю водовідведення для підприємств є те, що на окремих з них можуть утворюватися до 5-10 різних видів стоків, що відрізняються за витратою, складом й властивостями забруднень.

При виборі системи і схеми водовідведення промислових підприємств необхідно враховувати:

- 1) вимоги до кількості і якості води, яка використовується в різних технологічних процесах;
- 2) кількість, склад та властивості стічних вод окремих цехів і підприємства в цілому, а також режим водовідведення;

3) потужність водойми, в яку передбачається скидання очищених стічних вод, її самоочисну здатність і вид водокористування;

4) можливість скорочення кількості забруднених виробничих стічних вод підприємства шляхом удосконалення технологічних процесів;

5) можливість повторного використання виробничих стічних вод без очистки або після очистки у системі оборотного водопостачання або для технологічних потреб на іншому виробництві;

6) доцільність вилучення і використання цінних речовин, які містяться в стічних водах;

7) можливість сумісної та роздільної очистки стічних вод;

8) доцільність локальної схеми СВ окремих виробництв і цехів;

9) умови спуску виробничих стічних вод у неї і необхідну ступінь очищення цих вод за лімітуючими показниками;

10) доцільність застосування кожного методу очищення;

11) можливість використання для виробничих потреб очищених побутових і дощових стічних вод;

12) можливість використання виробничих вод для зрошення сільськогосподарських і технічних культур.

Водовідведення від промислових підприємств, як правило, здійснюється за повною роздільною системою.

Сумісне відведення побутових і виробничих стічних вод доцільно, якщо останні забруднені органічними речовинами, деградація яких можлива біологічним шляхом; при цьому концентрація токсичних домішок не повинна перевищувати гранично допустимі.

Дощові води, що стікають з незабруднених територій промислових підприємств, відводять окремою водовідвідною мережею або поєднують з незабрудненими виробничими стічними водами і спускають у водойми. У безстічних системах промислових підприємств в оборот включають також і побутові стічні води після відповідного очищення і доочищення, а у водойму спускаються лише дощові.

Загальносплавну систему водовідведення доцільно застосовувати для невеликих ПП (з малою витратою води), якщо виробничі стічні води близькі за складом до побутових стічних вод. Загальносплавна система призначена для спільного відведення малозабруднених, але різних за походженням стічних вод (атмосферних, побутових і виробничих) по одній водовідвідній мережі на єдині очисні споруди (рис. 2.1, а).

Роздільна система каналізації характеризується роздільним відведенням різних за походженням і характером забруднення стічних вод. Роздільні системи водовідведення можуть мати кілька водовідвідних мереж для відводу виробничих стічних вод від окремих цехів. Такі мережі називаються виробничими (наприклад, кислотовміщуючі, нафтовміщуючі). Побутові й дощові води відводяться по самостійних мережах (побутова мережа і дощова мережа). При цьому можливі варіанти спільного відведення декількох видів стічних вод, наприклад, виробничих стічних вод усього підприємства або окремого цеху разом з

побутовими водами (виробничо-побутова водовідвідна мережа); виробничих вод і дощових (у цьому випадку мережа називається виробничо-дощова).

Застосування роздільної системи каналізації дозволяє диференційовано вирішувати очистку різних за складом забруднень стічних вод і найбільш повно використовувати очищені стічні води для виробничих потреб підприємства. При такій системі сильно забруднені води можуть направлятися на локальні очисні споруди до їх змішання з якими-небудь слабо забрудненими водами. Очищену на очисних спорудах невелику кількість стічних вод, як правило, використовують повторно на виробництві.

Наприклад, за роздільною системою здійснюється відведення стічних вод (дощових, побутових, виробничих, фенольних) на коксохімічних підприємствах. Виробничо-фенольні стічні води піддаються локальному очищенню на заводських очисних спорудах, потім використовуються для виробничих потреб підприємства або передаються в систему міської каналізації для спільної доочистки з побутовими стічними водами.

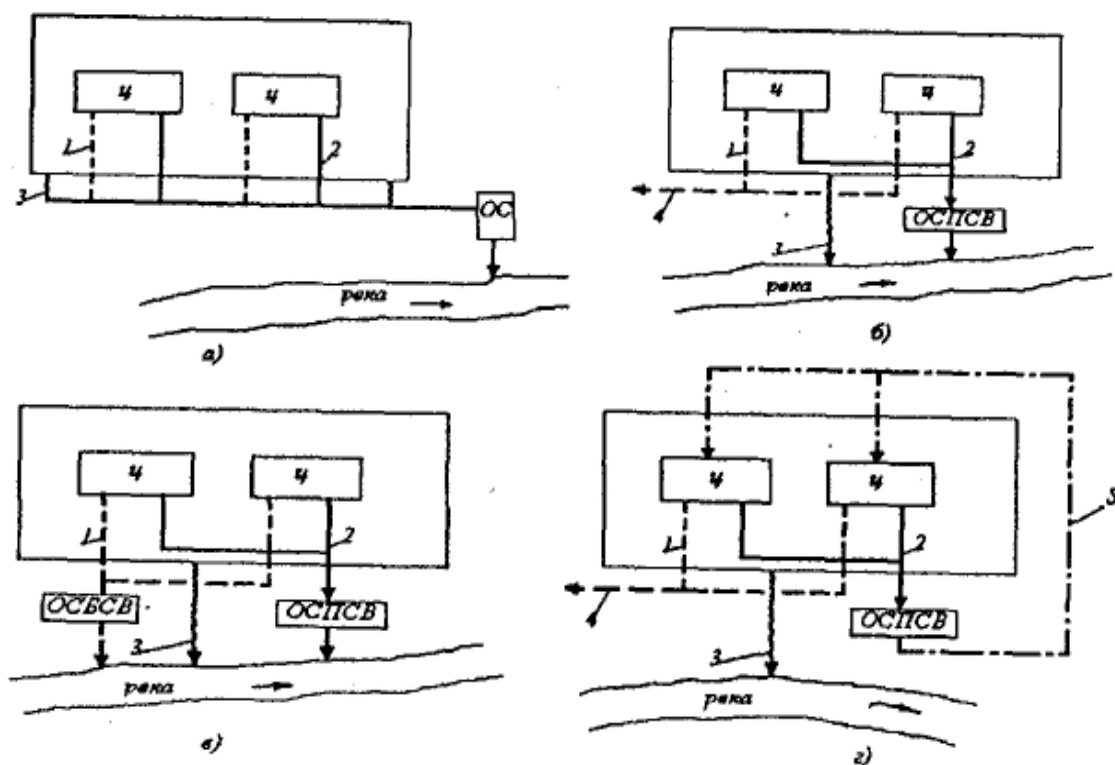


Рисунок 2.1 – Системи водовідведення промислових підприємств:

а – загальносплавна система; б – роздільна система з локальною очисткою промислових стічних вод; в – роздільна система з локальною очисткою промислових і побутових стічних вод; г – роздільна система з повним оборотом промислових і побутових стічних вод; ц – цехи промпідприємств; ОС – очисні споруди, ОСБСВ – очисні споруди побутових стічних вод; ОСПСВ – очисні споруди промислових стічних вод; 1 – мережі побутової каналізації; 2 – мережі промканалізації; 3 – мережі дощової каналізації; 4 – у мережу міської каналізації; 5 – мережі оборотної системи водопостачання

Роздільну систему водовідведення з локальними очисними спорудами промислових стічних вод (рис. 2.1, б) доцільно застосовувати при різному характері забруднень побутових і виробничих вод. У стічних водах окремих цехів можуть бути специфічні забруднення, для очистки від яких доцільне влаштування локальних очисних споруд. Очищені на локальних очисних спорудах стічні води залежно від їх складу скидають у водойму або направляють на міські очисні споруди.

Роздільну систему водовідведення з локальною очисткою побутових і промислових стічних вод (рис. 2.1, в) доцільно застосовувати у тих випадках, коли сумісна очистка побутових і промислових стічних вод неможлива, а підприємство перебуває на великому видаленні від міста або селища.

Роздільну систему з повним оборотом промислових стічних вод (рис. 2.1, г) застосовують у випадку маловодного джерела водопостачання, коли свіжої води, вистачає тільки на підживлення системи водопостачання. Вибір тієї або іншої системи водовідведення ПП залежить від концентрації забруднень і кількості стічних вод від окремих технологічних операцій, потужності джерела водопостачання, його далекості від підприємства, вимог до якості очистки стічних вод для скидання у водойму та т.п.

Роздільна система водовідведення з повним оборотом усіх стічних вод називається безстічною системою водокористування або замкнутою системою водного господарства ПП. Створення таких систем водокористування дозволяє забезпечити раціональне використання води у всіх технологічних процесах, виключення забруднення навколишнього природного середовища, скорочення капітальних і експлуатаційних витрат.

Вибір тієї або іншої системи водовідведення промислових підприємств залежить від концентрації забруднень і кількості стічних вод від окремих технологічних операцій, потужності джерела водопостачання, його віддаленості від підприємства, вимог до якості очищення стічних вод для скидання у водойму.

Залежно від конкретних умов на підприємствах можливе створення декількох систем очистки з варіантами об'єднання різних видів стічних вод (у тому числі побутових і дощових). Можливе створення і декількох оборотних централізованих систем. У загальному випадку замкнена система водокористування підприємства включає:

- локальні оборотні (замкнені) системи;
- централізовані замкнені системи;
- охолоджувальні локальні (централізовані) оборотні або замкнені системи;
- системи послідовного використання води у двох або декількох технологічних операціях з передачею води з однієї системи в іншу.

2.2 Умови приймання у міську каналізацію та умови випуску стічних вод у водойми

При розташуванні промислових підприємств у містах або поблизу них, а також при рішенні про сумісне очищення стічних вод групи підприємств промислової зони і прилеглого житлового масиву забруднені виробничі води можуть скидатися в міську водовідвідну мережу. Очищення суміші побутових і

виробничих стічних вод у цьому випадку здійснюється на єдиних очисних спорудах. У зв'язку з тим, що в стічних водах промислових підприємств можуть міститися специфічні забруднення, їхній спуск у міську водовідвідну мережу обмежений рядом вимог, установлених відповідними правилами прийому виробничих стічних вод у системи каналізації населених пунктів.

У системи каналізації населених пунктів можуть бути прийняті виробничі стічні води, які не викликають порушення в роботі каналізаційних мереж і споруд, забезпечують безпеку їх експлуатації і можуть бути очищені сумісно зі стічними водами населених пунктів до вимог і нормативів, що задовольняють «Правилам охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Виробничі стічні води при скиданні їх у водовідвідну мережу не повинні:

- перевищувати витрати стічних вод і вміст завислих, спливаючих речовин, установлених для конкретного промислового підприємства;
- порушувати роботу мереж і споруд;
- містити речовини, які здатні засмічувати труби водовідвідних мереж або відкладатися на стінках труб (окалина, вапно, пісок, гіпс, металева стружка, та т.п.);
- виявляти руйнівну дію на матеріал труб і елементи очисних споруд;
- містити горючі домішки і розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші у водовідвідних мережах і очисних спорудах;
- містити шкідливі речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод або скиданню їх у водойму (з урахуванням ефективності очищення);
- мати температуру вище 40°C;
- мати pH за межами 6,5 - 9;
- містити небезпечні бактеріальні забруднюючі речовини;
- мати XPK , що перевищує $BPK_{повн}$ більш ніж у 1,5 рази.

Виробничі стічні води, які не задовольняють зазначеним вимогам, повинні підлягати попередньому очищенню. Ступінь цього очищення повинен бути погоджено з органами місцевої влади.

Забороняється об'єднання виробничих стічних вод, взаємодія яких може привести до утворення емульсій, вибухонебезпечних газів, а також великої кількості нерозчинних речовин (наприклад, стічних вод, що містять солі кальцію або магнію і лужних розчинів; соду й кислі води; сульфід натрію і води з надмірним вмістом луг; хлору, фенолів тощо.).

Скидання виробничих стічних вод у системи каналізації населених пунктів повинно здійснюватися самостійними випусками з обов'язковим устроєм контрольного колодязя, розташованого за межами підприємства. Випуски промислових підприємств повинні бути обладнані пристосуваннями (автоматичними пробовідбірниками, витратомірами і якщо буде потреба автоматичними запірними пристроями, які опломбовуються) для постійного контролю за витратою і якістю стічних вод.

Відповідно до правил прийому Водоканали встановлюють кожному конкретному підприємству режим і нормативи скидання забруднень у систему

каналізації населеного пункту. Ці нормативи встановлюють виходячи зі гранично припустимого скидання (ГПС) стічних вод у водойму, гранично-припустимих концентрацій (ГПК) стічних вод, що надходять на споруди біологічної очистки, ефективності очистки, а також ГПК забруднюючих речовин у воді водоймищ господарсько-питного й рибогосподарського призначення (табл. 2.1).

Якщо кількість і состав виробничих і інших стічних вод істотно змінюються протягом доби, на промислових підприємствах встановлюють спеціальні ємкості - усереднювачі, які забезпечують протягом доби відносно рівномірний режим скидання виробничих стічних вод.

Таблиця 2.1 – Припустимі величини показників якості стічних вод і води водоймищ

Найменування показників	ГПК стічних вод, що надходять на споруди біологічної очистки, г/м ³	Орієнтовна ефективність очистки на спорудах біологічної очистки, %	ГПК у воді водойми	
			господарсько-питного водокористування, г/м ³	рибогосподарського призначення г/м ³
Азот амонійний	30	20-60	2,0	0,5
Залізо	2,5	50	0,3	0,05
Жири	50	70	-	-
Кадмій	0,01	60	0,001	0,005
Нафта	10	85	0,3	0,05
Нітрати (N03)	45	-	45	40
Нітриди	3,3	-	3,3	0,08
Сульфід	1,0	-	0	-
Фенол	10	95	0,001	0,001
Фосфати	10	10-20	3,5	-
Сульфати	500	-	500	100
Хлориди	350	-	350	300

Промислові підприємства зобов'язані постійно контролювати кількість та склад виробничих стічних вод, що скидаються в систему каналізації населеного пункту. Контроль здійснюється шляхом аналізу складу стічних вод до і після комплексу локальних споруд з очищення виробничих стічних вод, у контрольних колодязях (у тому числі при відсутності локальних очисних споруд), а також виміру кількості стічних вод, що скидаються у контрольних колодязях.

Контрольні питання

1. Системи водовідведення промислових підприємств, їх переваги й недоліки.
2. Від яких факторів залежить вибір системи водовідведення та схеми очистки стічних вод промислових підприємств?
3. Які пред'являються умови до випуску виробничих стічних вод у систему міської каналізації та водні об'єкти?

ТЕМА 3. ПОВЕРХНЕВІ СТІЧНІ ВОДИ, ЩО СТІКАЮТЬ З ТЕРИТОРІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ЗАСОБИ ЇХ ОЧИСТКИ

1. Особливості хімічного складу поверхневого стоку
2. Засоби каналізування та очищення. Схеми очистки.

3.1 Особливості хімічного складу поверхневого стоку

Поверхневий стік утворюється від атмосферних осадів над площею території ПП. До складу забруднень поверхневого стоку ПП входять речовини, що визначаються технологічними процесами і, відповідно викидами в атмосферу.

Основними джерелами забруднення поверхневих стічних вод є продукти ерозії ґрунту, пил, продукти відкритих складських площадок, викиди в атмосферу від ПП і забруднення їх території, різні нафтопродукти, що потрапляють на територію в результаті їхньої протоки або несправності автотранспорту та т.п.

Дощові води при випаданні насичуються розчиненими газами, атмосферним пилом, аерозолями, а при стіканні змивають із поверхні дахів, територій і проїздів пил, сміття, бензин, масла й інші забруднення, що перебувають на території підприємств.

Концентрації забруднень, що втримуються у поверхневому стоці з території ПП за величиною порівнянні з вмістом забруднень у виробничих стічних водах. Особливо високі концентрації забруднюючих речовин у поверхневому стоці характерні для автотранспортних, хімічних, машинобудівних і нафтопереробних підприємств. Ступінь забруднення поверхневого стоку багато в чому залежить від культури виробництва.

Дощові води, що містять переважно мінеральні забруднення, менш небезпечні в санітарному відношенні, ніж побутові і забруднені виробничі стічні води, і тому їх скидають у водойми без очистки. В атмосферні води, що стікають із забруднених територій ПП, іноді надходять домішки, специфічні для даного виробництва, наприклад, хімічних і нафтопереробних заводів, шкіряних підприємств, м'ясокомбінатів тощо. Такі води слід піддавати очищенню. Особливо небезпечне надходження у водойми поталих і дощових вод, які містять різні токсичні речовини (метали, нафтопродукти й інші важко окислювальні органічні речовини).

Якість води дощового стоку визначається багатьма факторами, що діють при формуванні стоку на водозборі. Вплив цих факторів відчутно позначається на наявності у поверхневому стоці забруднюючих речовин у тій або іншій кількості.

Поверхневий стік із площадок ПП має, як правило, більш складний склад на відміну від стоку, що стікає з міських територій.

Донедавна вважали, що дощові й поталі води, які стікають із територій міст і площадок промислових підприємств, не представляють серйозної небезпеки для води водоймищ. У цей час встановлено, що поверхнево-зливові стічні води значно забруднені й не можуть скидатися у водойми без обмежень. З огляду на те, що ці стічні води вносять істотний вклад у забруднення водоймищ, питанням очистки і

використання поверхнево-зливогого стоку з території міст і промислових підприємств приділяється все більша увага.

Перед випуском у водний об'єкт поверхневий стік повинен у всіх випадках піддаватися очищенню від плаваючих домішок, у тому числі нафтопродуктів і піску. Відведення поверхневого стоку повинне здійснюватися відповідно до нормативів і вимог «Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» з урахуванням особливостей його хімічного складу та умов формування. У випадку наявності в поверхневому стоці специфічних домішок до випуску його у водний об'єкт пред'являються ті ж вимоги, як і до випуску виробничих стічних вод.

3.2 Засоби каналізування та очищення. Схеми очистки

Спосіб і метод очистки поверхневого стоку й типи споруд, які застосовують для очистки, залежать від схеми каналізації, а також від складу і кількості стоку. Для відведення поверхневих стічних вод можуть застосовуватися різні схеми каналізації, залежно від яких у вітчизняній практиці і за рубежом ведуться розробки технологічних схем очистки і конструкцій очисних споруд. Виходячи з характеристики поверхневого стоку, для його очистки рекомендується передбачати споруди механічної і фізико-хімічної очистки. Для забезпечення більш глибокого ступеня очистки, ніж який досягається у відстійних спорудах, застосовуються фільтрування, коагуляція і флотація. При необхідності досягнення більш глибокої очистки від колоїдних розчинених речовин поверхневий стік доцільно подавати на споруди для спільної біологічної очистки з міськими або виробничими стічними водами.

Очистка поверхнево-злизових стоків ускладнюється значними відмінностями номенклатури забруднюючих речовин і коливаннями показників забруднення для різних підприємств і навіть для різних виробництв усередині одного підприємства. Крім того, багато підприємств м. Харкова і у переважній більшості інших міст України не мають системи організованого збору поверхнево-зливогого стоку зі своєї території, а в ряді випадків площа водозбору поверхнево-зливогого стоку є загальною для декількох підприємств.

Залежно від складу домішок, що осідають на території промислових підприємств і попадають у стік, їх поділяють на дві основні групи:

1) підприємства, поверхневий стік яких не містить специфічних речовин з токсичними властивостями. До цієї групи відносяться підприємства чорної металургії (окрім коксохімічного виробництва), машинобудівні, приладобудівні, вугільні, нафтовидобувні, енергетичні й транспортні підприємства, легка і харчова промисловості.

Середня концентрація забруднень дощових стоків цієї групи становить: завислі речовини 500-2000 мг/л; смоли і масла 30–70 мг/л; ХПК 100–150 мг/л; БПК 30–50 мг/л; загальний солевміст 500–3000 мг/л.

2) підприємства, стік яких містить специфічні токсичні речовини. До цієї групи можна віднести підприємства кольорової металургії, коксохімічну промисловість, лісотехнічну промисловість, целюлозно-паперові, нафтопереробні, фармацевтичні, шкіряні заводи, м'ясокомбінати. У стоках цих підприємств крім

забруднень, характерних для першої групи присутні специфічні забруднення даних ПП.

В Україні та країнах СНД найбільше поширення одержала повна роздільна система каналізації, при якій для відведення дощових і талих вод влаштовується самостійна система каналізації.

Однак на ПП бувають випадки, коли у дощову мережу скидають значну кількість виробничих стічних вод, у зв'язку з чим дощова мережа перетворюється у виробничо-злизову. Існують також загальносплавна та неповна роздільна систем каналізації.

Контрольні питання

1. Які специфічні особливості характерні для поверхнево-злизового стоку?
2. Основні забруднення поверхнево-злизового стоку, що стікає з територій ПП. Від чого залежить забрудненість поверхневого стоку ?
3. Від чого залежить спосіб і метод очистки поверхневого стоку ?
4. Які методи застосовують для очистки поверхневого стоку ?

ЗМ 1.2 МЕТОДИ ТА СПОРУДИ З ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

ТЕМА 4 МЕХАНІЧНА ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

1. Класифікація методів очистки промислових стічних вод.
2. Усереднення стічних вод.
3. Відстоювання. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості.
4. Відстійники спеціального призначення.

4.1 Класифікація методів очистки промислових стічних вод

Основними критеріями при виборі технології очищення стічних вод промислових підприємств є склад води, а саме наявність у ній тих або інших забруднювачів. Відповідно до складу води, витрати, площі підприємства проектується локальні й загальні системи очищення стічних вод промислових підприємств.

Одним з основних видів забруднень виробничих стічних вод є нерозчинні (легкі й важкі) мінеральні і органічні домішки, концентрація яких коливається в широких межах. Усереднення концентрації й регулювання витрати стічних вод, а також виділення нерозчинних домішок з води в очисних спорудах становлять завдання механічного очистки. Механічна очистка служить для видалення нерозчинених речовин розміром більше 10^{-4} см. Забезпечується це за рахунок проціджування на ґратах, дугових ситах, грохотах; відстоювання (гравітаційного або відцентрового), фільтрування через спеціальні сітки або піщано-гравійні фільтри (для відділення дрібних частинок що перебувають у воді в зваженому стані, тобто суспензій) та центрифугування.

Процес очищення стічних вод виробничого підприємства, як правило, включає кілька стадій, на кожній з яких можливе застосування різних методів очищення стічних вод і відповідного технологічного встаткування.

Для очищення стічних вод промислових підприємств застосовують:

- механічні методи (проціджування, відстоювання стічних вод у відстійниках з використанням або без використання хімічних реагентів залежно від складу стоків; фільтрування),
- хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція),
- фізико-хімічні (флотація, сорбція, екстракція, евапорація, а також електрохімічні методи, пов'язані з накладенням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація),
- комбіновані.

Основні труднощі при виборі раціональної схеми очищення виникають внаслідок того, що стічні води містять частки різного ступеня дисперсності, а агрегатний стан багато в чому визначається температурою, рН розчину, компонентним складом й іншими факторами. Тому основним фактором при виборі методу обробки води є фазовий стан речовини. Фазово-дисперсна характеристика домішок незалежно від типу стоків і місця їхнього утворення дає можливість запропонувати для кожної групи класифікації конкретний специфічний метод переробки.

Залежно від вимог до якості очищеної води застосовують різні очисні споруди:

- грати та сітки, призначені для затримки крупних домішок, що рухаються по каналу (проціджування);
- піскоуловлювачі - для виділення важких мінеральних домішок, головним чином, піску;
- відстійники та фільтри - для затримки більш дрібних у воді домішок;
- гідроциклони та осаджувальні центрифуги.

Механічна очистка стічних вод

Внаслідок сильного забруднення промислових стічних вод їхнє очищення від домішок здійснюють у кілька етапів. У всіх випадках очищення стоків першою стадією є механічне очищення, призначене для видалення найбільш великих механічних домішок, суспензій і дисперсно-колоїдних часток. Наступне очищення від хімічних речовин здійснюють різними методами.

На деяких промислових підприємствах механічна очистка є єдиним і достатнім способом очистки стічних вод від механічних домішок і для підготовки їх до повторного використання в системах оборотного водопостачання, наприклад, залізорудні й вуглебагачувальні фабрики. На деяких ПП, наприклад, на металургійних заводах, передбачається охолодження механічно очищеної стічної води на градирнях.

Однак, як правило механічна очистка є попереднім, і рідше – остаточним етапом очистки виробничих стічних вод. При механічному очищенні забезпечується видалення завислих речовин зі стічних вод на 90–95 %, зниження органічних забруднень ($BPK_{повн}$) на 20–25 %. Більш високий ефект механічної

очистки стічних вод досягається інтенсифікацією гравітаційного відставання, наприклад, добавкою реагентів, проясненням у зваженому шарі або в тонкому шарі (тонкошарові відстійники).

Для затримання різних речовин, що плавають на поверхні стічних вод (масел, жирів, нафти, смол і т.п.), застосовують масло-, жиро-, нафто-, смолоуловлювачі.

Для більш повного прояснення стічних вод застосовують фільтрування - пропуск води через шар завантаження з різного зернистого матеріалу (кварцового піску, гранітних щебенів, дробленого антрациту і керамзиту та інших матеріалів) або через сітчасті барабанні фільтри і мікрофільтри, через високопродуктивні напірні фільтри або фільтри із плаваючим завантаженням.

4.2 Усереднення стічних вод

Графік надходження стічних вод може мати довільний характер. Для стоків підприємств характерні нестабільність їх витрат та складу, що пов'язано з особливостями технологічних процесів. Витрата й забрудненість стоків в обмежений період часу можуть змінюватися від мінімуму до максимуму.

Розрізняють три види нестационарності потоку: залпові скиди висококонцентрованих стічних вод, циклічні та довільні характери коливання.

Витрати й показники якості стоку з певною закономірністю міняються під час виробничого циклу, що триває від декількох хвилин до декількох годин, а потім знову повторюється. Існують виробничі процеси, при яких стічні води по завершенню циклу "залпом" скидають в каналізацію протягом короткого часу.

На рис. 4.1 наведені графіки витрат стічних вод при циклічному і залповому випуску в каналізацію. Інтервали між періодами випуску стічних вод обумовлені технологією виробництва. При залповому випуску ці інтервали в окремих випадках вимірюються годинами й навіть цілодобово або тижнями.

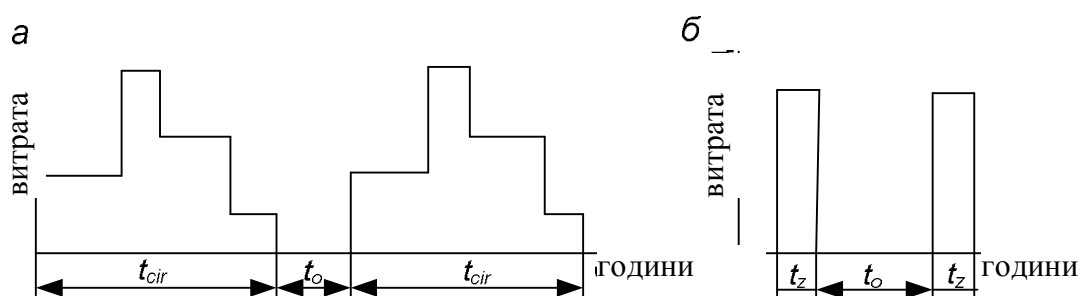


Рисунок 4.1 – Графіки витрат стічних вод: а – циклічні; б – залпові

Для вирівнювання кількісного та якісного складу стічних вод промислових підприємств застосовують **усереднювачі**. Надходження на очисні споруди виробничих стічних вод с постійною витратою та усередненою концентрацією забруднень підвищує ефект механічної очистки, а також наступних етапів очистки. Завдяки усередненню досягається економія матеріальних та енергетичних ресурсів на очищення стічних вод внаслідок зменшення розрахункових витрат і концентрацій забруднень та підвищення надійності роботи очисних споруд.

В резервуарах – усереднювачах накопичуються й перемішуються стічні води, завдяки чому вирівнюються концентрації забруднень; взаємно нейтралізуються кислі і лужні стоки й виключаються різкі коливання навантаження на весь ланцюжок очисних споруд.

Типи і конструкції усереднювачів

Усереднювачі зазвичай проектують в складі локальних станцій очищення промислових стічних вод. Усереднювачі існують контактні і проточні. При невеликих витратах і періодичному скиданні води використовують контактні усереднювачі. Однак, як правило, застосовують усереднювачі проточного типу.

Розрізняють наступні типи проточних усереднювачів:

багатоканальні - прямокутні й круглі в плані, з нерівномірним розподілом витрати води по каналах (рис. 4.2);

- усереднювачі - змішувачі (усереднювачі із пристроями, що перемішують) барботажного типу й з механічним перемішуванням.

Усереднення в багатоканальних усереднювачах забезпечується за рахунок механічного перемішування струменями стічної води. Кількість каналів у кожній половині усереднювача становить не менше 5-6.

Вибір раціональної системи усереднення й розрахунок обсягу усереднювачів здійснюють на підставі інформації про характер коливань параметрів вхідних потоків (концентрацій C_{en} , $i(t)$ і витрат q_{en} , (t)) з урахуванням вимог щодо припустимих коливань параметрів потоку на виході ($C_{ex}(t)$, $q_{ex}(t)$). Зазначені вимоги зазвичай встановлюють на підставі аналізу максимально припустимих величин C_{adm} й q_{adm} призначуваних залежно від типу наступних апаратів очисних споруд.

За наявності на підприємстві контрольно-виміральної апаратури зміни складу стічних вод реєструються безперервно, при відсутності контрольно-виміральної апаратури - дискретно, з установленою технологом тривалістю інтервалів між лабораторними аналізами.

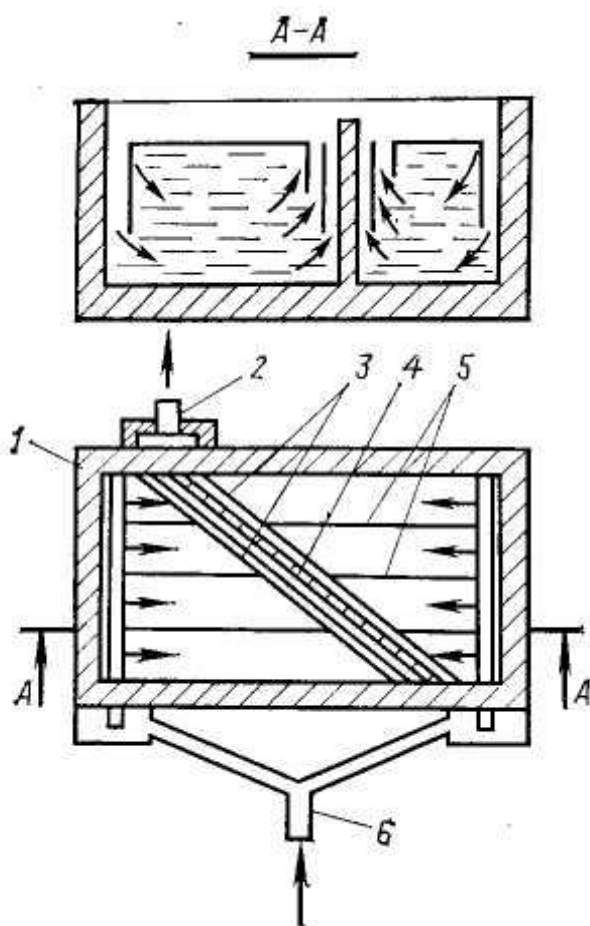
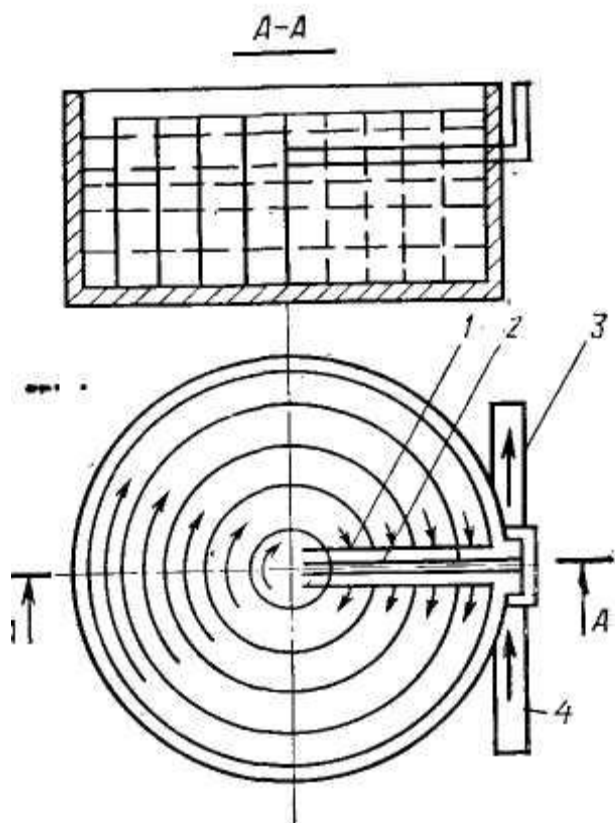


Рисунок 4.2 Багатоканальні усереднювачі
а – Прямокутний усереднювач стічних вод:

- 1 – розподільний лоток;
- 2 – водовідвідний канал;
- 3 – збірні лотки;
- 4 – глуха перегородка;
- 5 – вертикальна перегородка;
- 6 – підведення води



б – Круглий усереднювач стічних вод:

- 1 – розподільний лоток;
- 2 – перегородка, 3 – збірний лоток;
- 4 — підведення води.

Конструктивний тип усереднювача обирають залежно від характеру коливань забруднюючих компонентів, виду й кількості завислих речовин, а також динаміки надходження стічних вод (табл. 4.1).

Для того щоб упоратися із залповими скидами висококонцентрованих стоків і довільних коливань складу за наявності зважених дрібнодиспергованих речовин з концентрацією до 500 мг/л, гідравлічною крупністю до 5 мм/с слід застосовувати

багатоканальні усереднювачі без примусового перемішування. При необхідності усереднення витрати споруди блокують з акумулюючою ємністю.

Таблиця 4.1 – Область застосування усереднювачів різних типів

Тип усереднювача	Характер нестационарності	Завислі речовини	
		концентрація, мг/л	гідравлічна крупність, мм/с
багатоканальний	Залповий	≤ 500	≤ 5
барботажний	Будь-який	≤ 500	≤ 10
з механічним перемішуванням	Будь-який	> 500	-

Для усереднення стічних вод за концентрацією забруднень в усереднювачах будь-якої конструкції вода повинна перемішуватися за допомогою мішалок, насосів та ін. Найбільш зручними в експлуатації є перфоровані трубчасті барботери.

Усереднювач - змішувач барботажного типу застосовують для усереднення стоків з вмістом завислих речовин більше 500 мг/л, гідравлічною крупністю до 10 мм/с.

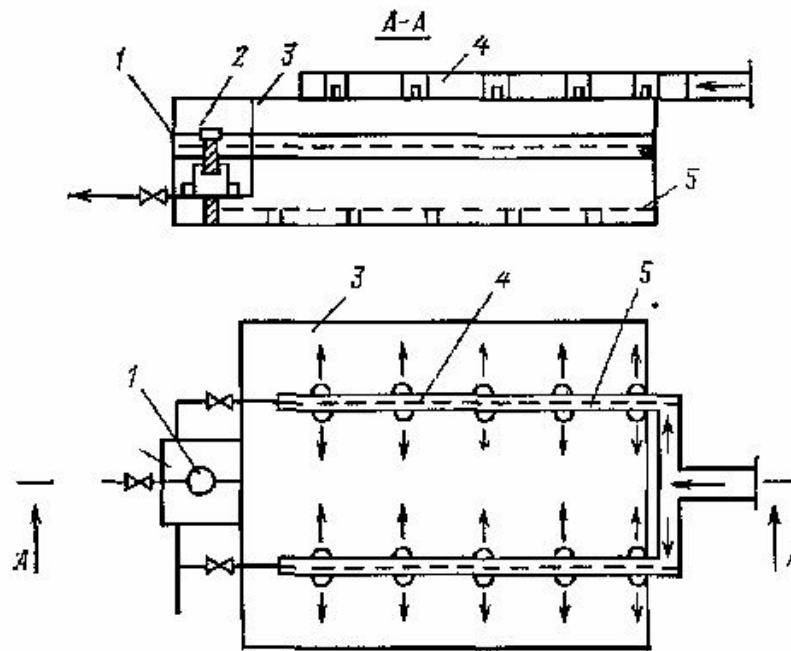


Рисунок 4.3 – Усереднювач із перемішуючим пристроєм:
 1 – випускна камера, 2 – випускний пристрій; 3 – корпус;
 4 – лоток; 5 – барботер.

Як усереднювачі можуть бути використані типові ємнісні споруди (нафтоуловлювачі, відстійники, а також прийомні резервуари насосних станцій), що мають систему примусового перемішування

Усереднювач-змішувач із механічним перемішуванням і відстійною зоною застосовують для усереднення стоків із вмістом завислих речовин більше 500 мг/л і будь-якою гідравлічною крупністю з вільним режимом надходження стоків.

Проціджування

У виробничих стічних водах різних підприємств можуть бути власні специфічні забруднюючі речовини (пух, пір'я, щетина тварин, дерев'яна тріска, волокна, шматки пластмаси), очистка від яких здійснюється за допомогою проціджування. У багатьох з перерахованих випадках звичайні ґрати малоефективні або взагалі не придатні для очистки стоків від таких забруднювачів. З гірської промисловості взяті дугові сита і барабанні грохоти, які успішно вирішують завдання по добуванню зі стічних вод різних забруднювачів.

Розміри отворів проціджувачів змінюються в широких межах: від 20 мм (ґрати на насосних станціях), 16 мм (ґрати на станціях очистки стічних вод), 2-5 мм (дискові сита) до 0, 25-1 мм (дугові сита, грохоти, барабанні сітки) і 20-60 мкм (мікрофільтри).

Продуктивність проціджувачів вимірюють пропускною здатністю одиниці робочої поверхні за годину, що становить для: мікрофільтрів 5–15, барабаних сіток 40–50, дугових сит 40–60 м³/(м²×год).

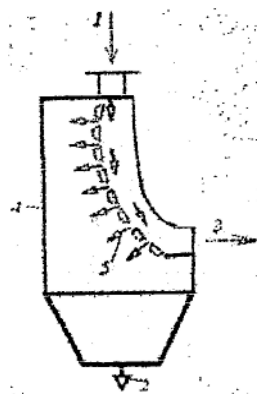


Рисунок 4.4 - Дугове сито:

1 - вихідні стічні води; 2 - стічна рідина;
3 – забруднення (пух, пір'я тощо) в контейнері;
4 - корпус дугового сита; 5-отвір

Ефективність роботи проціджувачів і їх продуктивність залежать від величини отворів і характеру твердої фази стічних вод.

Розміри отворів на дугових ситах становлять від 0,25 до 1,5 мм, продуктивність від 25 до 100 м³/год. Сита прості у виготовленні.

Тверді забруднення затримуються на ситах барабанних грохотів, а потім за допомогою згрібалки, що обертається усередині грохота подаються на шнековий транспортер.

4.3 Відстоювання. Типи відстійних споруд, їх конструктивні особливості

Метод відстоювання використовують для видалення з виробничих стічних вод нерозчинених домішок, які здатні в спокійній воді осідати на дно або спливати на поверхню. Час очищення залежить від швидкості осідання (спливання) нерозчинених домішок у спокійній воді. Така швидкість (гідравлічна крупність часток) є основною величиною для розрахунку відстійних споруд.

Як правило, стічні води містять зважені частки різної форми й розміру. Такі води являють собою полідисперсні гетерогенні агрегативно-нестійкі системи. У процесі осідання розмір, щільність і форма часток, а також фізичні властивості системи змінюються. Основним параметром, що використовують при розрахунку відстійників, є швидкість осадження часток (гідравлічна крупність). Здатність до агломерації залежить від концентрації, форми, розміру й щільності зважених часток, а також від співвідношення часток різного діаметра й в'язкості середовища.

Відстійники для очистки промислових стічних вод можуть являти собою як самостійні споруди, на яких процес очистки закінчується, або ж споруди, призначені тільки для попередньої очистки. Так, наприклад вони поширені для прояснення стічних вод, що використовуються у системах оборотного водопостачання на заводах чорної металургії.

При виборі типу й конструкції відстійників для виробничих стічних вод необхідно враховувати їх хімічні й фізичні властивості, а також вплив на склад стічних вод технологічних умов виробництва й місцевих факторів. До числа основних показників ставляться: температура стічних вод, що надходять на очистку; концентрація зважених речовин й їхні фізичні властивості; крупність часток й їхня щільність, ступінь агломерації зважених часток, швидкість осадження або спливання часток (гідравлічна крупність); вологість осаду безпосередньо після його випадання; кінетика процесу ущільнення осаду; щільність сухого залишку.

У більшості випадків у відстійниках ефект відстоювання становить 40-60% при тривалості відстоювання 1-1,5 год. Підвищення ефективності роботи досягають шляхом попередньої аерації стічних вод, введенням у стічні води коагулянту, додаванням активного мулу.

Для очищення промислових стічних вод використовують як звичайні конструкції відстійних споруд, що застосовують при очищенні міських стічних вод, так і спеціальні. Залежно від вимог до якості проясненої стічної води застосовують горизонтальні, радіальні відстійники різних конструкцій, зокрема обладнані камерами флокуляції.

Для очищення стічних вод від великої кількості жирів, нафти й масел використовують жируловлювачі, нафта уловлювачі тощо. Ці споруди аналогічні відстійникам, але мають устаткування для видалення великої кількості спливаючих домішок.

На результати відстоювання суспензій сильний вплив чинять: рівномірність розподілу й збору води у відстійниках; перепад температур, обумовлений коливаннями температури води в джерелі водопостачання; звуження перетину відстійників осадом, що нагромадився; наявність завихрень і вирів навколо виступів і колон.

На рисунку 4.5 зображені принципові схеми відстійників різних конструкцій.

Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні проточні ємкості, в яких відбувається осадження забруднень під дією сил тяжіння. Рух води здійснюється у відстійнику вздовж довгої сторони від однієї торцевої стінки до другої. Підведення та відведення води здійснюється по лотках. Горизонтальну швидкість руху води у відстійнику приймають не більше за 0,01 м/с.

При роботі горизонтальних відстійників найбільш крупні частки випадають на початку відстійника в бункер для осаду (шламу). Більш дрібні частки випадають далі по довжині відстійника за ходом руху води.

Тривалість відстоювання залежить від дисперсності часток, їх форми, тобто величини гідравлічної крупності (швидкість осадження часток у нерухливій воді, мм/с). Глибина проточної частини становить 1,5–4,0 м, ширина 6–9 м, довжина 8–12 м.

Горизонтальні відстійники є найпоширенішими спорудами для очистки як природних, так і стічних вод, незважаючи на наявність істотних недоліків. Найбільш часто вони застосовуються для очистки стічних вод підприємств чорної металургії, зокрема, станів гарячої прокатки металу. При цьому є істотні розходження при застосуванні таких відстійників для очистки питної води і для очистки стічних вод ПП. Ці розходження у першу чергу стосуються питань, пов'язаних з видаленням осаду (шламу). При очищенні промислових стічних вод, завислі речовини яких відрізняються високою щільністю, осад (шлам) віддаляється за допомогою спеціальних механізмів. При цьому осад видаляється з відстійників періодично.

Горизонтальні відстійники застосовують на станціях очищення стічних вод пропускною здатністю більше 15000 м³/добу.

Відстійники обладнують скребковими механізмами, зазвичай візкового або стрічкового типу, які зрушують осад, що випав до мулових приямків, звідки він видаляється насосами, гідроелеваторами, грейферами або під гідростатичним напором.

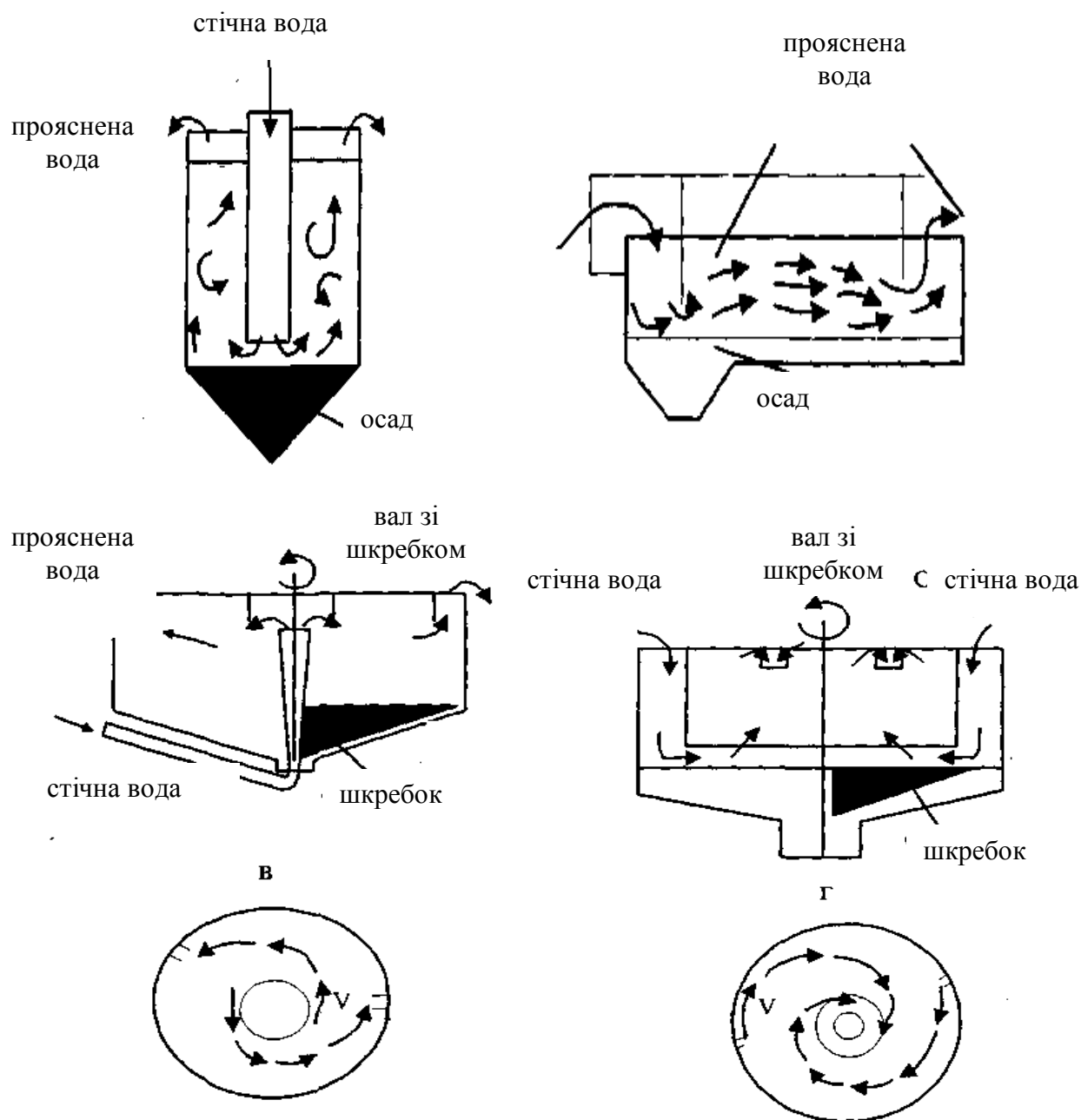


Рисунок 4.5 – Різновиди конструкцій відстійників за принципом їх роботи
а - відстоювання у вертикальних відстійниках з висхідним потоком води;
б - відстоювання в горизонтальних відстійниках з горизонтальним рухом потоку води;
в - радіальний відстійник із центральним уведенням води;
г - радіальний відстійник з периферійним уведенням води;

Горизонтальні відстійники традиційних конструкцій, що застосовуються для очистки стічних вод від механічних домішок мають ряд недоліків: низька продуктивність (питоме гідравлічне навантаження знаходиться у межах 1-2

$\text{м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}$), непристосованість до роботи з коагуляцією та флокуляцією, недосконалість конструкцій (коефіцієнт використання об'єму не перевищує 0,5), труднощі з видаленням осаду з плоского днища, незадовільна робота механізмів для згрібання осаду, особливо у зимовий період. У горизонтальних відстійниках неможливо організувати безперервне видалення осаду, який випадає, що призводить до порушення їх роботи і викликає труднощі при подальшому збезводненні, утилізації або складуванні шламів. Крім цього, їм притаманні недосконалість пристроїв впуску, розподілу та збирання води. Конструктивні удосконалення передбачають покращення гідравлічних режимів роботи відстійників за допомогою систем розосередженого збору освітленої води, а також створення сприятливих умов для укрупнення часток механічних домішок шляхом влаштування камери флокуляції.

Для визначення величини гідравлічної крупності забруднень при визначенні розмірів відстійників дуже часто застосовують технологічне модулювання процесу очистки стічних вод від механічних домішок. У результаті проведення експериментів з технологічного моделювання процесу відстоювання будується крива кінетики процесу відстоювання стічних вод.

Розрахункова величина гідравлічної крупності визначається за кривими кінетики осадження завислих речовин $E = f(t)$, що отримані експериментально відстоюванням стічної води в статичних умовах у шарі висотою h , як правило, відмінному від дійсної висоти відстоювання в обраному типі відстійника. Для приведення отриманих результатів до натурної величини (висоти шару проточної частини відстійника) слід робити перерахування U_0 за формулою

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (4.1)$$

де H_{set} – глибина проточної частини відстійника, м;

K_{set} – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника;

t_{set} – тривалість відстоювання, що відповідає заданому ефекту очистки, отримана у лабораторних умовах у циліндрі в шарі h ;

n_2 – показник степені, який залежить від агломерації зависі у процесі осадження.

За цією формулою можна також визначити гідравлічну крупність спливаючих домішок забруднюючих речовин, що легше води.

Величина K_{set} для горизонтальних відстійників дорівнює 0,5, для радіальних та вертикальних відповідно – 0,45 та 0,35. Для відстійників з тонкошаровими блоками, які працюють за протиточною та перехресною схемами K_{set} відповідно дорівнює 0,5-0,7 та 0,8. Глибина проточної частини горизонтальних відстійників $H_{set}=1,5-4$ м.

При дослідженні кінетики осадження дуже важливо вивчити флокуляційні властивості зависі, тобто схильність до укрупнення при повільному перемішуванні води без додавання коагулянтів. Помітними природними

флокуляційними властивостями володіють не всі види завислих речовин. Флокулюємість залежить від хімічного складу завислих речовин, вихідної концентрації твердої фази у стічних водах тощо. Флокуляційні властивості завислих речовин краще всього проявляються у повільно висхідному потоці води.

Врахування флокуляційних властивостей завислих речовин дозволяє значно збільшити продуктивність споруд та апаратів, що призначені для прояснення води. Так, у інституті ВНДІчерметенергоочистка розроблено декілька конструкцій апаратів і споруд, в яких найкращим чином реалізовані флокуляційні властивості завислих речовин.

Вертикальні відстійники. Вертикальні відстійники застосовують на станціях продуктивністю до 20 тис м³/добу. Зазвичай це круглі в плані резервуари діаметром 4-9 м з конічним днищем, у яких потік проясненої води рухається у вертикальному напрямку. Найбільш поширеним типом відстійника є відстійник з впуском води через центральну трубу з розтрубом у нижній частині й відбивним щитом. Стічна вода опускається вниз по центральній розтрубній трубі, відбивається від конусного відбивного щита й надходить у зону прояснення. Відбувається флокуляція частинок, причому ті з них, гідралічна крупність яких перевершує швидкість висхідного вертикального потоку, випадають в осад. Прояснена вода збирається периферійним збірним лотком. Швидкість висхідного потоку становить 0,5–0,6 мм/с. Кожна частка рухається з водою нагору зі швидкістю V і під дією сили ваги вниз V_{oc} . Тому різні частки будуть займати різне положення у відстійнику. При $V_{oc} > V$ будуть швидко осідати, при $V_{oc} < V$ - підніматися нагору. Ефективність осадження вертикальних відстійників нижче на 10-20%, ніж у горизонтальних.

Недоліки:

- 1) вертикальні відстійники чутливі до коливань витрати, ефективність очистки перебуває в прямій залежності від рівномірності подачі очищуваної води;
- 2) низький коефіцієнт використання об'єму проточної частини, $\alpha \leq 0,5$.

Радіальні відстійники. Відстійники такої конструкції мають круглу в плані форму резервуарів, у яких стічна вода подається в центр відстійника й рухається радіально від центра до периферії. Такі відстійники застосовують при витратах стічних вод більше 20 000 м³/добу. Глибина проточної частини відстійника становить 1,5-5 м. Улаштовують з впуском води знизу або зверху, вода в обох випадках надходить у відстійник по центральній трубі, а прояснена вода зливається в круговий жолоб, звідки відводиться трубами або лотками. У радіальних відстійниках на відміну від інших швидкість води непостійна і змінюється від максимуму в центрі до мінімального значення на периферії. Осад, що випав на дно, згрібається до центру скребками, закріпленими на рухливій фермі й надходить у приямок, з якого відсмоктується за допомогою шламових насосів.

Недоліками таких відстійників є недосконалість конструкцій розподільних пристроїв, що призводить до утворення застійних зон. Ці недоліки усунуті у відстійниках з обертовим збірно-розподільним пристроєм й у відстійниках з подачею води через периферійний лоток і відводом проясненої води в центрі.

Застосування радіальних відстійників з периферійною подачею дозволяє зменшити час перебування стічних вод у відстійнику при тій самій ефективності затримання завислих речовин. Стічна вода надходить у водорозподільний жолоб, розташований на периферії відстійника, потім направляється в центральну зону й далі до водовідвідного кільцевого жолоба. Осад, що випав у відстійнику, скребковим механізмом згрібається в прямокутний лоток і по муловій трубі направляється на подальшу обробку.

На підставі досліджень НВО «Енергосталь» розроблений промисловий відстійник діаметром 30 м з вбудованою камерою флокуляції діаметром 10 м, (конструкція ВВДВІЧерметенергоочистка). Камера флокуляції утворена у центрі відстійника, виконана в виді циліндра, підвішеного до моста скребкової ферми, що рухається. У цій камері відбувається обертково-висхідний рух потоку в результаті тангенційного виходу води з патрубків розподільного устрою. Камера обладнана розподільним пристроєм, який складається з радіальних труб, на яких кріпляться сопла різних діаметрів для регулювання швидкості висхідного потоку. Збір проясненої води здійснюється через затоплені радіально розташовані дірчасті труби, сполучені з периферійним водовідвідним лотком.

Радіальні відстійники із вбудованою камерою флокуляції застосовують для очистки с вміст завислих речовин стічних вод металургійних заводів. Такі відстійники побудовані й експлуатуються в системах оборотного водопостачання станів гарячого прокату «2000» Череповецького металургійного заводу та багатьох інших. Застосовують для очистки стічних вод від машин безперервного розлиття заготовок, а також для прояснення стічних вод газоочисток доменних, конверторних цехів металургійних комбінатів.

При очищенні стічних вод від доменних печей вміст завислих речовин у проясненій воді не повинен перевищувати 200 мг/л, питоме гідравлічне навантаження становить 2-2,5 м³/м² год. без коагулювання, і 4 м³/м² год. з коагуляцією. Коагуляція здійснюється хлорним залізом або сірчанокислим алюмінієм разом з ПАА.

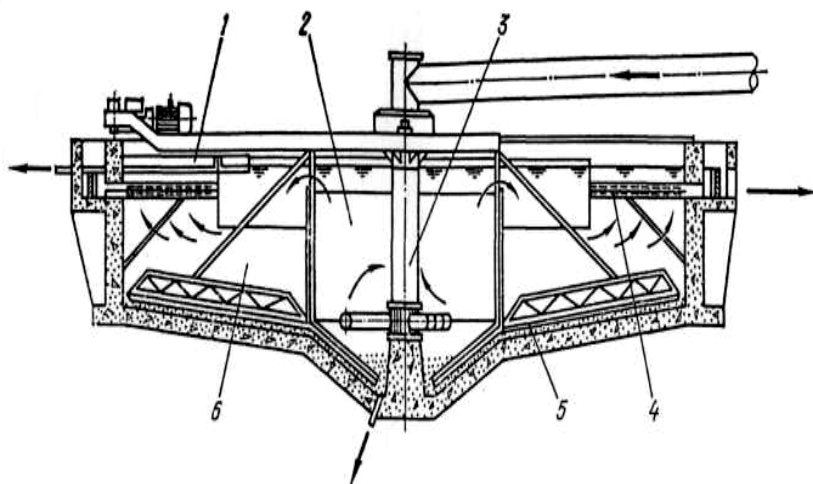


Рисунок 4.6 – Радіальний відстійник із вбудованою камерою флокуляції:
1 – маслосбірний пристрій; 2 – камера пластівцеутворення; 3 – розподільчий пристрій; 4 – водозбірна система; 5 – скребкова ферма; 6 – зона осадування

При очищенні стічних вод, що утворюються під час виплавки феромарганцю, гідравлічне навантаження приймають таким, що дорівнює $0,6\text{--}0,8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$, остаточний вміст завислих речовин при цьому $180\text{--}250 \text{ мг/л.}$

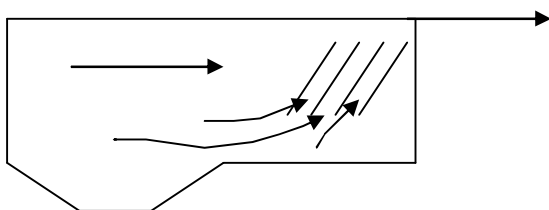
При очищенні стічних вод газоочистки кисневих конвертерів гідравлічне навантаження без коагуляції приймають до $1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$, а коагуляцією і ПАА дозою 1 мг/л – до $2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ год.}$ При цьому досягається остаточний вміст завислих речовин 150 мг/л.

Ефективність роботи відстійника з камерою пластівцеутворення ($2,5 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$) значно перевищує показники горизонтальних та звичайних радіальних відстійників ($1,2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год.}$).

Тонкошарові відстійники. Створення відстійників, що працюють за принципом відстоювання в тонкому шарі, є одним з найбільш перспективних напрямків удосконалювання горизонтальних відстійників.

Тонкошарове відстоювання застосовується при необхідності зменшення об'єму очисних споруд унаслідок обмеженості площі, що відводиться для цього та для підвищення ефективності існуючих відстійників. У першому випадку тонкошарові відстійники виконують роль самостійних споруд, у другому – існуючі відстійники доповнюються тонкошаровими модулями, які розташовують в апараті, який удосконалюється перед водоскидним пристроєм.

Чим менше висота відстоювання, тим менше час відстоювання. У тонкошарових відстійниках відстійна зона ділиться на ряд шарів (ярусів) невеликої глибини. Процес відстоювання відбувається дуже швидко, оскільки шлях руху часточок, що осаджують, у десятки разів менший ніж у звичайних відстійниках. Принцип дії їх полягає в проходженні потоку води через пакет похилих пластин. У пакеті пластин між ними утворюється система тонкошарових каналів, у яких завдяки малим відстаням між пластинами різко скорочується час осідання або спливання механічних часток. Кут нахилу пластин до горизонтальної площини 60° . Пластини можуть бути як плоскими, так і хвилястими. Також застосовують й трубчасті елементи.



Перевагами тонкошарових відстійників є їхня компактність, високий ефект освітлення (до $70\text{--}80 \%$).

Робочим елементами трубчастих відстійників є трубки діаметром $25\text{--}30 \text{ мм}$ і довжиною $0,6\text{--}1 \text{ м}$. Трубки можна встановлювати з малим (до 5°) та крутонахиленим ($45\text{--}60^\circ$) (рис. 4.7).

Трубчастий відстійник з невеликим нахилом працює періодично. Спочатку здійснюють відстоювання, потім промивку трубок від осаду. Для успішного проведення процесу необхідний рівномірний розподіл води по трубкам і ламінарний режим руху. Такі відстійники використовують для прояснення

стічних вод з невеликим вмістом завислих речовин при витратах до 10 тис. м³/добу. Гідравлічне навантаження у відстійників 6-10 м³/год на 1 м² вхідного перерізу трубок. Ефективність очистки 80-83 %.

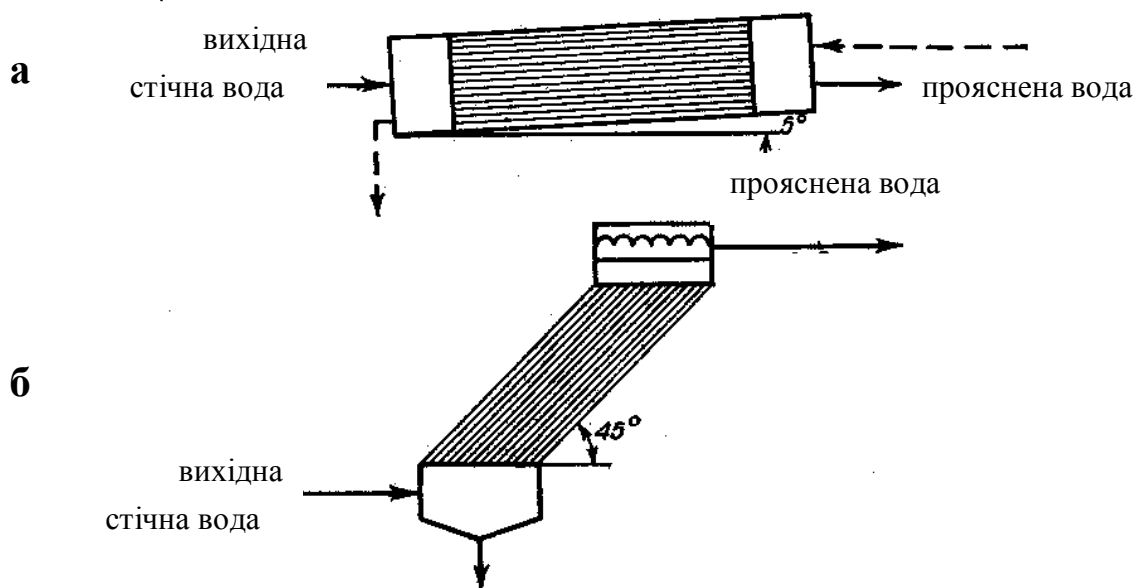


Рисунок 4.7 – Схема трубчатого відстійника:
а – з малим нахилом труб; б – крутонахилений

У трубчастих відстійниках з великим нахилом вода проходить згори вниз, а осад безперервно сповзає по дну трубок у шламовий простір. Безперервне видалення осаду виключає необхідність промивки трубок. Відстійники цього типу можуть бути виготовлені з пластмасових блоків, які встановлюють в корпусах звичайних відстійників. Гідравлічне навантаження відстійників з великим нахилом труб становить від 2,4 до 7,2 м³/год на 1 м² вхідного перерізу труб.

Пластинчаті відстійники мають у корпусі ряд паралельно встановлених похилих пластин. Вода рухається між пластинами, а осад сповзає вниз у шламоприймач (рис. 4.8).

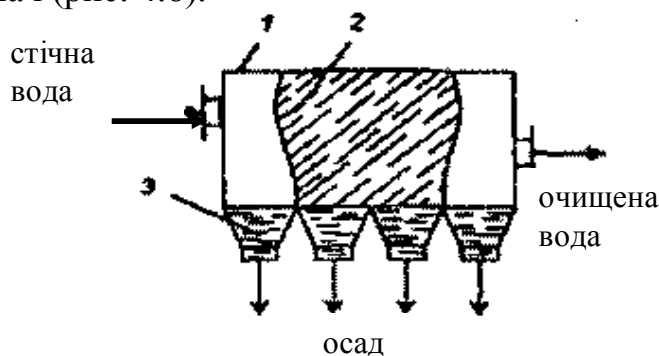


Рисунок 4.8 – Тонкошаровий відстійник з похилими пластинами:
1 – корпус, 2 – пластины, 3 – шламоприймач

Взаємний рух прояснюваної води й виділюваного осаду може здійснюватися за перехресною схемою (у полинних відстійниках), проточною

або протиточною схемами. При перехресній схемі виділений осад рухається перпендикулярно руху стічних вод, а при прямоточній і протиточній схемам - відповідно за ходом руху стічних вод або у зворотному напрямку.

4.4 Очистка від спливаючих домішок. Відстійники спеціального призначення

Процес відстоювання використовують і для очищення виробничих стічних вод від нафти, масел, смол, жирів тощо. Очистка від спливаючих домішок аналогічна осадженню твердих речовин. Різниця полягає лише у тому, що щільність спливаючих часток менше, ніж щільність води. Є спеціальні відстійники, призначені для виділення з виробничих стічних вод специфічних забруднюючих речовин. Створення спеціальних конструкцій відстійників для очистки виробничих стічних вод обумовлено різноманіттям нерозчинних речовин, які доцільно видаляти відстоюванням. Це можуть бути і важкі домішки (окалина, пісок, інші мінеральні речовини, важкі смоли), і досить легкі, що спливають (нафта, масла, жири, легкі смоли та ін.). для уловлювання жирів застосовують жиरोуловлювачі.

Легкі домішки, що спливають, утримуються в стічних водах різних галузей промисловості: машинобудівної, металургійної, хімічної, нафтової та інших. Ці речовини можуть бути присутні в стічних водах самотійно або в сполученні з іншими нерозчинними домішками, в тому числі й важкими. В цьому випадку у всіх спеціальних відстійниках передбачають спеціальні пристрої для збору й відділення легких і важких домішок.

Для очистки стічних вод, вміщуючих грубодисперговану нафту, нафтопродукти у концентрації більше за 100 мг/л використовують нафтовловлювачі. Вони являють собою прямокутні, витягнуті у довжину резервуари, у яких за рахунок різниці щільності нафти і води відбувається їх відокремлення. Нафта спливає на поверхню, а мінеральні домішки, що вміщуються у стічній воді осідають на дно нафтовловлювача.

Швидкість руху води у нафтовловлювачах змінюється у межах 0,005–0,01 м/с. Для часток нафти діаметром 80-100 мкм швидкість спливання дорівнює 1–4 мм/с. Горизонтальні нафтовловлювачі мають не менше ніж дві секції. Ширина секцій 2–3 м, глибина шару відстоювання води 1,2-1,5 м, тривалість відстоювання не менше ніж 2 год.

Типовий нафтовловлювач, що застосовується на очисних станціях нафтопереробних заводів, можна реконструювати з використанням принципу тонкошарового відстоювання, який здійснюється розподілом робочого обсягу нафтовловлювача на окремі секції паралельними пластинами з кутом нахилу до горизонту 45-60°. Завдяки зменшенню висоти, у якій відбувається поділ стічних вод, різко скорочується тривалість процесу відстоювання. Рівномірний розподіл водяного потоку, забезпечене на початку нафтовловлювача водорозподільним пристроєм, зберігається по всій її довжині. Нафтовловлювач нової конструкції при тому ж ефекті освітлення, що й типова, має в 5-6 разів менший будівельний обсяг і вартість її на 20-30% нижче, гідравлічне навантаження може бути

збільшено до $4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$. Схема горизонтального прямокутного нафтовловлювача показана на рисунку 4.9.

Нафтовловлювачі затримують 60–70 % нафтопродуктів, остаточний вміст нафти в очищених стоках становить від 30–50 до 100–150 мг/л.

При проектуванні нафтовловлювачів враховують наступні рекомендації:

- робоча глибина не більше 2 м;
- ширина секцій 3-6 м;
- число секцій не менше 2.

стічна
вода

очищена вода

Рисунок 4.9 – Горизонтальний нафтовловлювач

*1 – корпус; 2 – гідроелеватор; 3 – шар нафти; 3 – нафтозбірна труба;
4 – нафтоутримуюча перегородка; 5 – шкребковий транспортер*

На рисунку 4.10 наведено схему тонкошарового нафтовловлювача, що являє собою удосконалену конструкцію горизонтального нафтовловлювача. Такі нафтовловлювачі мають менші габарити, вони більш економічні. Час перебування стічних вод у зоні відстоювання 2-4 хв., остаточний вміст нафтопродуктів у воді 100 мг/л.

осад

Рисунок 4.10 – Нафта уловлювач тонкошаровий:

1 – вихід очищеної води; 2 – нафтазбірна труба; 3 – перегородка; 4 – плаваючий пінопласт; 5 – шар нафти; 6 – подача стічної води; 7 – секція з гофрованих пластин; 8 – осад

Для очистки стічних вод коксохімічних заводів (фенольних стічних вод, забруднених переважно смолою й маслами) застосовують радіальні й прямокутні відстійники - смолоуловлювачі. За нормативними даними «Гіпрококсу» тривалість відстоювання у відстійниках - смолоуловлювачах – 6 год., а ефективність осадження смоли - 70-80%.

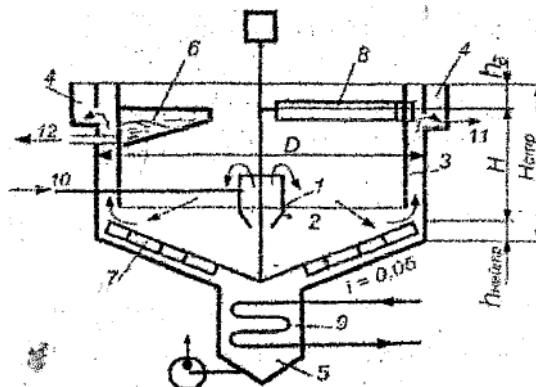


Рисунок 4.11 – Схема радіального смоломаслоуловлювача:

- 1 – відкритий гідроциклон (водорозподільник); 2 – відстійна зона;
3 – перегородка підвісна кільцева; 4 – кільцевий лоток очищеної води;
5 – збірник для смол; 6 – радіальний лоток для масел і легких смол;
7 – донний скребок; 8 – верхній скребок; 9 – обігрівач; 10, 11 – вихідна і
очищена вода; 12 – масла й легкі смоли

Однак смоломаслоуловлювачі не повністю затримують дрібнодисперсні забруднення, внаслідок чого їхній залишковий вміст після відстоювання на протязі 4-6 год. не знижується менше 200-300 мг/л. Тому споруди такого типу служать для попередньої очистки стічних вод.

Радіальний відстійник - смоломаслоуловлювач складається з металевого корпусу, розташованого над поверхнею землі, оснащеного нижніми скребковими пристроями для переміщення смоли, яка осаджується в центральний зумпф і верхніми пристроями для видалення спливаючих забруднень. Стічна вода подається в смолівідстійник по трубопроводу в центр і потім через центральну трубу надходить в осадову частину, відстоюється, рухаючись радіально від центра до периферії. Потім прояснена вода через заглибну перегородку і кільцевий водозлив надходить у лоток проясненої води, з якого вона відводиться за межі відстійника. Смола, що осаджується на дні відстійника, періодично видаляється скребковим пристроєм у центральний приямок, з якого відкачується насосом у збірник смоли. Для зменшення в'язкості смоли перед відкачуванням підігрівають парою до температури 55-60°C. Спливаючі забруднення (масла) перетікають у радіальний лоток, з якого відводяться у складуючу ємкість.

Приймають:

- середню глибину робочого шару води 1,5 м;
- швидкість руху води 1-2 мм/с;
- тривалість відстоювання 3-4 год,
- ефект освітлення 80-90%
- об'ємна маса осаду 1,1/см³
- частота обертання скребкового пристрою 1 хв.

ТЕМА 5 ВІДСТОЮВАННЯ У ПОЛІ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ

- 1) Напірні гідроциклони.
- 2) Відкриті гідроциклони, флокулятори.

5.1 Напірні гідроциклони

Для уловлювання крупних твердих домішок і піску використовують напірні й безнапірні (відкриті) гідроциклони.

На відміну від споруд відстійного типу, в яких процес очистки в гідроциклонах відбувається під дією відцентрових сил забруднюючих домішок, які виникають в результаті обертального руху води в апаратах. Поле відцентрових сил виникає завдяки тангенціальному підведенню води до циліндричного корпусу апарата.

Гідроциклони бувають двох типів – напірні (закриті) та низьконапірні (відкриті).

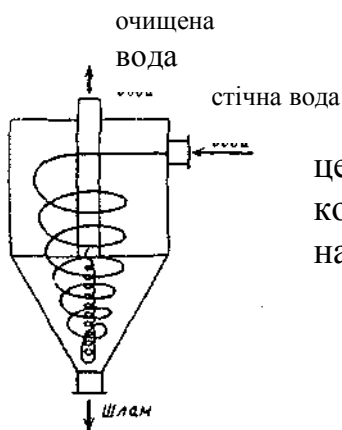


Рисунок 5.1 – Напірний гідроциклон

Відведення очищеної води здійснюється через центральну трубу. Уловлені частинки падають у конусну частину та видаляються через шламову насадку з частиною води.

Основні переваги напірних гідроциклонів:

1. компактність;
2. висока продуктивність;
3. простота конструкції.

Недоліки напірних гідроциклонів – великі втрати напору, швидке зношення елементів впуску води та небезпека засмічення шламових отворів. У цих апаратах не вдається затримувати дрібнодисперсні частки крупністю менше 1-5 мкн, які найбільш характерні для промислових стічних вод. Крім того, завислі речовини, що втримуються в стічних водах промислових підприємств, практично повсюди характеризуються полідисперсним складом, що приводить до забивання шламових отворів.

5.2 Відкриті гідроциклони, флокулятори

У відкритих гідроциклонах використовуються переваги відстійних апаратів і напірних гідроциклонів.

Відкриті гідроциклони доцільно застосовувати для освітлення порівняно невеликих кількостей стічних вод (100-200 м³/год), що володіють значною концентрацією суспензії та високими флокуляційними властивостями.

Відокремлення зависі від води здійснюється під дією як сил тяжіння, так і відцентрових сил.

У відкритих гідроциклонах можна очищати забруднені води від завислих речовин, нафтопродуктів, допускається також застосування коагуляції для інтенсифікації процесу очистки стічних вод.

Звичайний відкритий гідроциклон за конструкцією подібний до вертикального відстійника, у нього тільки відсутня центральна труба, а підведення води здійснюється тангенціально у нижній частині апарату.

Відкритий гідроциклон (рис. 5.1) складається з трубопроводу подачі стічних вод, що очищаються, тангенціального до циліндричної частини апарата та циліндричного корпусу з витягнутим вниз конічним днищем. Вода рухається в апараті обертаючись уверх, проходить через отвір у конічній діафрагмі, збирається в кільцевий водозбірний лоток та відводиться з апарату. Осад випадає в конічну частину апарата.

Найбільшого поширення в чорній металургії одержали гідроциклони діаметром 6 м.

Завдяки тангенціальній подачі води в апараті створюється обертально-поступальний рух, який сприяє укрупненню, флокуляції завислих часток. Це укрупнення відбувається завдяки градієнтній коагуляції. Укрупненню часток сприяє також та обставина, що вода, яка очищується і домішки, що осаджуються, перебувають у зустрічному русі. Така гідродинаміка апарата дозволяє домогтися істотної інтенсифікації процесу очистки в порівнянні з вертикальними відстійниками і освітлювачами зі зваженим шаром осаду. Відвід проясненої води здійснюється через кільцевий лоток з водозливом.

Для підвищення ефективності конструкція гідроциклона доповнюється циліндричною перегородкою. Впуск води здійснюється тангенціально в простір, обмежений внутрішнім циліндром. При цьому виникає замкнутий циркуляційний потік, який сприяє поліпшенню якості очистки.

Швидкості руху води у відкритих гідроциклонах значно менше, ніж у напірних гідроциклонах, тому вони забезпечують не відкидання часток до стінок апарата, а їхнє укрупнення в процесі повільного обертально-поступального руху. У нижній частині відкритого гідроциклона відбувається швидке укрупнення часток за рахунок кінетичної і градієнтної коагуляції.

Наявність діафрагми сприяє розширенню потоку води та відділенню завислих речовин, зменшенню обсягу застійних зон і як наслідок цього збільшенню коефіцієнта використання обсягу апарата. Цей коефіцієнт (α) для відкритих гідроциклонів дорівнює 0,8. При відсутності конічної діафрагми $\alpha = 0,5-0,6$.

Відкриті гідроциклони застосовують наступних типів: без внутрішніх устроїв, з діафрагмою, з діафрагмою і циліндричною перегородкою та багатоярусні (рис. 5.2, 5.3).

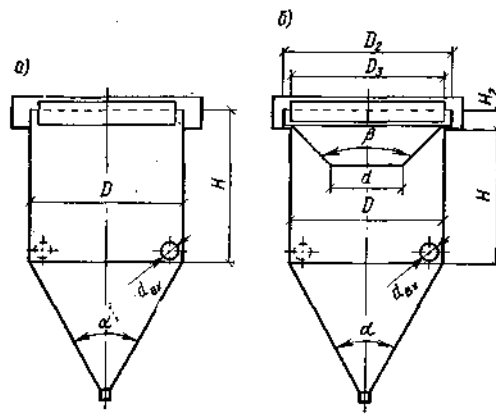


Рисунок 5.2 – Відкритий гідроциклон
а - без внутрішніх устроїв, б – з конічною діафрагмою

Відкриті гідроциклони без внутрішніх устроїв (рис. 5.2, а) рекомендується застосовувати для затримання крупно- та дрібнодисперсних домішок гідралічною крупністю 5 мм/с і більше. Значення коефіцієнта $K = 0,61$.

Гідроциклони з конічною діафрагмою призначені для видалення зі стічних вод дрібнодисперсних домішок гідралічною крупністю більше за 0,2-0,3 мм/с. Їх доцільно застосовувати для обробки невеликих витрат води (до 200 м³/год). Значення коефіцієнта $K = 1,98$.

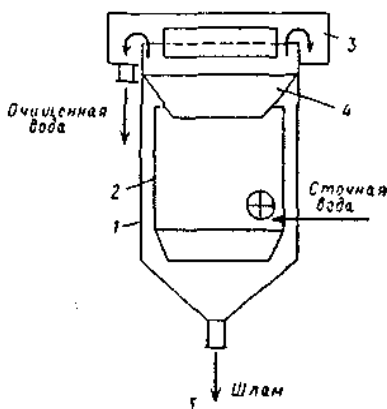


Рисунок 5.3 – Відкритий гідроциклон з конічною діафрагмою й циліндричною перегородкою

Для підвищення ефективності конструкція гідроциклону доповнюється циліндричною перегородкою (рис. 5.3). Впуск води здійснюється тангенціально у простір, обмежений внутрішнім циліндром. При цьому виникає замкнений циркуляційний потік, який сприяє покращенню якості очистки. Значення коефіцієнта $K = 1,98$.

Ефект очистки у відкритих гідроциклонах визначається в основному гідралічним навантаженням, що встановлюється залежно від характеристики стічних вод, від ступеню очистки і від геометричних розмірів гідроциклону.

Для всіх видів відкритих гідроциклонів питоме гідралічне навантаження на гідроциклон, м³/(м² · ч) визначають за формулою

$$q = 3,6 \cdot U_0 \cdot K, \quad (5.1)$$

де U_0 – гідралічна крупність часток, мм/с;

K – коефіцієнт пропорційності, що залежить від конструкції гідроциклону (для простих гідроциклонів $K=0,61$).

Апарат працює як без коагуляції й флокуляції за допомогою реагентів, так і особливо ефективно за допомогою цих речовин.

Ефект роботи гідроциклону значно збільшується при використанні коагулянтів. Так, стосовно до стічних вод газоочисток мартенівських печей та конверторів для досягання необхідної ефективності очистки (150 мг/л у проясненій воді) навантаження без коагуляції складає 5-6 м³/м²×год, а з застосуванням коагулянтів – 12 м³/м²×год.

Головним недоліком відкритих гідроциклонів є небезпека забивання шламових отворів, що істотно ускладнює експлуатацію. Як можливі шляхи виключення цього явища можна відзначити: 1) устрій скребкового пристрою, який приводиться в дію за допомогою електропривода; 2) видалення осаду з гідроциклону за допомогою шламових насосів. Ці рішення дозволяють не тільки виключити забивання шламових отворів, але й зменшити кількість шламової пульпи, що видаляється з апарата і відповідно дозволяє збільшити концентрацію твердої речовини.

Інтенсифікація процесу очистки в гідроциклонах може бути досягнута при використанні принципу тонкошарового відстоювання шляхом влаштування в гідроциклонах декількох ярусів.

ВНДІВОДГЕО розроблений *багатоярусний гідроциклон з периферійним відбором проясненої води* (рис. 5.4 а). У цій конструкції застосована комбінована схема руху води й осаду в кожній робочій парі ярусів.

Рисунок 5.4 – Багатоярусний гідроциклон

а - з похилими патрубками б – з периферійним відбором проясненої води:

- 1 – конічна частина; 2- циліндрична частина; 3 – конічні діафрагми;*
- 4 – патрубки проясненої води; 5 – водозбірний кільцевий лоток; 6 – водозлив;*
- 7 – маслоутримуюче кільце; 8 – маслосбірна воронка;*
- 9 – розподільвальні лопатки; 10 – патрубок для подачі вихідної води;*
- 11 – масловідвідна труба; 12 – патрубок для розвантаження шламу;*
- 16- шламівідвідна щілина*

За такої схеми очистка води здійснюється послідовно спочатку в прямоточних, потім у протиточних частинах ярусів, при цьому збільшення ефекту очищення досягається за рахунок затримання дрібнодисперсних часток при

проходженні потоку води через зважений шар осаду, що сповзає з додаткової діафрагми. Утворення зваженого шару перешкоджає нагромадженню дрібнодисперсних часток у системі.

Усередині такого апарата перебувають конічні діафрагми, що не доходять до корпусу й розташовані під кутом 45° на відстані 120 мм друг від друга. Ці діафрагми ділять обсяг апарата на окремі яруси. Вихідна вода подається до ярусів через три водорозподільні пристрої, розташовані по зовнішній поверхні на рівній відстані одне від іншого. Розподіл води між ярусами відбувається в аванкамері за допомогою розподільних лопаток. Робочий потік рухається в ярусі по збіжній спіралі й виходить у центральну частину через три тангенціальних випуски. Осад, що виділився в ярусі, сповзає до центральної частини й через кільцеву шламовідвідну щілину направляється в конічну частину апарата, звідки видаляється під гідростатичним напором.

Інтенсифікація процесу поділу в багатоярусному гідроциклоні досягається за рахунок зменшення висоти шару відстоювання. Обертовий рух дозволяє повніше використати обсяг ярусу й створює умови, що сприяють агломерації зважених речовин.

Інша конструкція багатоярусного гідроциклона - з периферійним відбором проясненої води (рис. 5.4, б). Гідроциклон працює в такий спосіб. Вихідна вода, потрапляючи в аванкамери за допомогою струмененапрямних лопаток, розподіляється рівномірно між ярусами через тангенціальні впускні патрубки. Осад, виділений у прямоточному ярусі, сповзає до центра, провалюється в шламову шахту й осідає в конічній частині. Деяка частина води, проясненої в прямоточному ярусі, направляється у вище розташований протиточний ярус через пропускні стояки. За рахунок поділу потоку проясненої води знижується, розмивальна дія водного потоку на осад, що сповзає в центральну частину гідроциклона з протиточного ярусу, який розташований вище, у якому робочий потік рухається від центра до периферії. У стінки корпусу гідроциклона вихідний потік через пропускні стояки поєднуючись із потоками проясненої води з ярусів, що розташовані нижче, піднімається під верхню напрямну діафрагму, потім повертає до центру й через центральний отвір напрямної діафрагми надходить до верхньої частини гідроциклона й переливається через кільцевий водозлив у відвідний лоток. Шлам, що випав при протиточному русі потоку води, також потрапляє у центральну шахту. Відведення з поверхні води масла, що сплигло, здійснюється за допомогою заглибної лійки.

Досвід експлуатації подібних багатоярусних гідроциклонів на стічній воді станів гарячої прокатки показав, що при гідравлічному навантаженні $2,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{год})$ відбувається вловлювання часток окалини крупністю до 0,3 мм, залишковий зміст у проясненій воді зважених речовин становить у середньому 60 мг/л а масла 25 мг/л, при вихідному вмісті зважених речовин 100-200 мг/л і масел - 10-50 мг/л.

Окремою групою очисних апаратів є гідроциклони-флокулятори, у яких сполучені конструктивні елементи відкритого гідроциклона й радіального відстійника. Відмінною рисою цих агрегатів є відсутність високої конусної частини, днище виконується з невеликим ухилом до розташованого в центрі

зумпфу. Шлам віддаляється за допомогою скребкової ферми із центральним приводом.

Відмінною рисою флокулятора є тангенціальна подача води, за рахунок чого в апараті створюється обертовий рух води, а також розосереджений збір і відвід очищеної води.

Флокулятор складається із циліндричного корпусу із плоским дном, тангенціальних патрубків для підведення забрудненої води, діафрагми з лотком для збору проясненої води. Також передбачений циліндричний водозлив, лоток для збору проясненої води й відвідний трубопровід. Підведення води в апарат передбачається тангенціальними патрубками в розподільну камеру, утворену між корпусом і перфорованою перегородкою, вона ж є камерою флокуляції. В умовах повільного обертально-поступального руху води, що має місце в камері флокуляції, при оптимальних параметрах процесу відбувається укрупнення зважених часток і зростає швидкість їхнього осадження. Укрупненню часток сприяє спільна дія градієнтної і гравітаційної коагуляції.

Зважені частки осаджуються на дно флокулятора й потім видаляються за допомогою скребкової ферми в приямок апарата, звідки осад видаляється шламовими насосами на подальшу обробку. Прояснена вода піднімається нагору апарата й через отвір у діафрагмі й переливається в кільцевий водозбірний лоток.

Флокулятор призначений для очищення стічних вод як із застосуванням реагентів для коагуляції й флокуляції, так і без них. Як коагулянт, можуть бути використані хлорне й сірчанокиисле залізо, сірчанокислений алюміній й ін., як флокулянт – використовують ПАА.

Установлено, що у флокуляторі із плоскою діафрагмою й розосередженим випуском води найкращі результати прояснення води виходять при навантаженні $10-11 \text{ м}^3/\text{м}^2 \times \text{год}$.

НВО "Енергосталь" розроблено кілька конструкцій гідроциклонів-флокуляторів. На рисунку 5.5, а представлений флокулятор з розподільною камерою. Підведення води в нього передбачається тангенціальними патрубками в розподільну камеру, утворену між корпусом і перфорованою перегородкою. Вона ж є камерою флокуляції.

В умовах повільного обертального руху, що має місце в камері флокуляції, при оптимальних параметрах процесу відбувається укрупнення зважених часток і зростає швидкість їхнього осадження. Крім того, наявність камери флокуляції забезпечує відділення області зсуву струменя рідини, що надходить від центральної зони, у якій відбувається відстоювання, що також сприяє поліпшенню освітлення. У верхній частині флокулятора, аналогічно гідроциклонам, установлена конічна діафрагма. Також передбачені циліндричний водозлив, збірний лоток і відвідний трубопровід.

Ярусний флокулятор (рис. 5.5, б) також обладнаний перфорованою перегородкою, що утворює камеру флокуляції. У ньому передбачені проміжні діафрагми, які створюють додаткові яруси, що збільшує площу відстоювання. Модифікацією флокулятора з розподільною камерою є апарат із пристроєм для коректування швидкості потоку (рис 5.5, в), розташованим у корпусі на виході тангенціальних патрубків. Цей пристрій передбачає нерівномірний перетік

забрудненої води в зону відстоювання, сприяє рівномірному розподілу води в повному обсязі флокулятора, що підвищує ефективність очищення. Поряд з використанням природної схильності зважених речовин до флокуляції, для інтенсифікації процесу флокуляції в очищувану воду додають коагулянти й флокулянти. Наприклад, при очищенні стічних вод газоочистки кисневого конвертера з початковим вмістом механічних домішок 20-30 г/л і із застосуванням поліакриламідом дозою 1 мг/л залишкова концентрація зважених речовин до 300 мг/л досягається в без'ярусних флокуляторах при питомих гідравлічних навантаженнях 6,5-8,0, а в ярусних флокуляторах – 9,0 м³/(м²×год).

На базі вищезгаданих очисних апаратів розроблений і новий тип апарата - тонкошаровий флокулятор (рис. 5.5, г). У цьому апараті сполучено безперервне механізоване збирання шламу за допомогою обертової скребкової ферми з максимальним ступенем заповнення поперечного перерізу апарата пластинчастими тонкошаровими модулями. Верхня прямокутна частина сполучається з нижньою циліндричною частиною чотирма конічними поверхнями, осад з яких змивається водою, що подається через щілинні сопла.

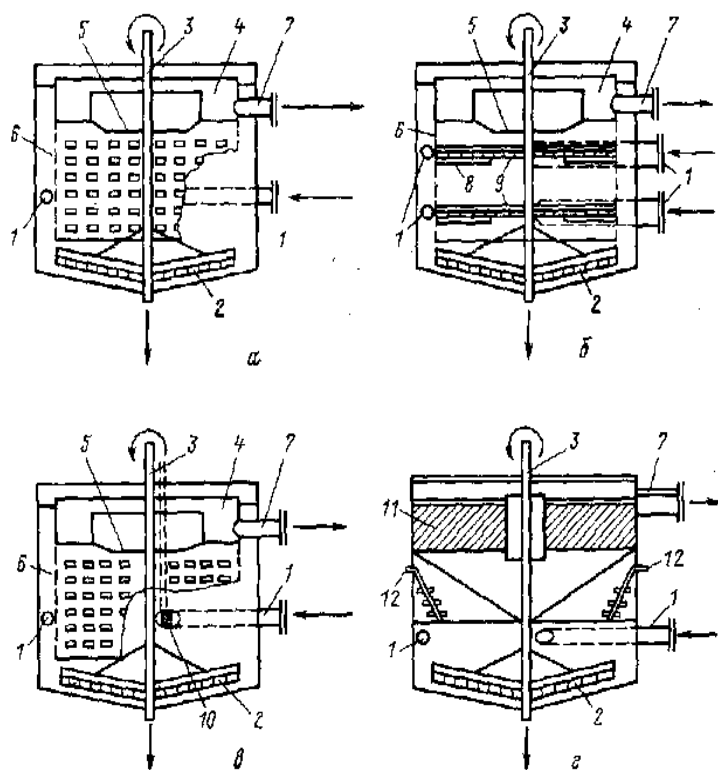


Рисунок 5.5 – Схеми флокуляторів:

а – флокулятор з розподільною камерою; б – ярусний флокулятор;
в – флокулятор з устроєм для регулювання швидкості; г – тонкошаровий флокулятор:

1 – тангенційний патрубков; 2 – ферма; 3 – вал; 4 – лоток; 5 – діафрагма; 6 – перфорована перегородка; 7 – відвідний патрубков; 8 – проміжні діафрагми; 9 – додаткові ферми; 10 – пристрій для регулювання швидкості потоку; 11 – тонкошарові модулі; 12 – труби із соплами для змиву осада

ТЕМА 6 ОЧИСТКА ВОД МЕТОДОМ ФІЛЬТРУВАННЯ

1. Класифікація фільтрів.
2. Сітчасті фільтри.
3. Напірні фільтри.
4. Фільтри плаваючим завантаженням
5. Каркасно-засипні фільтри

6.1 Класифікація фільтрів

У більшості випадків фільтри застосовують для глибокого очищення (доочищення) стічних вод, що пройшли біологічне або фізико-хімічне очищення. Фільтри підрозділяються на фільтри із зернистим завантаженням і сітчасті барабанні фільтри.

Фільтри із зернистим завантаженням застосовують для доочищення стоків виробництв хімічної, металургійної, легкої, гірничодобувної, будівельної й ряду інших галузей промисловості.

Фільтрування води полягає в пропущенні її через шар зернистого або пористого фільтруючого матеріалу, що володіє здатністю затримувати на своїй поверхні під дією сил приставання або у своїй товщі зважені частки забруднень, що втримуються у воді.

Фільтри із зернистим завантаженням класифікують:

- **за напрямком потоку:** зі спадним (зверху вниз) і висхідним (знизу нагору) потоком;
- **за конструкцією** фільтри є одношарові, двошарові й каркасно-засипні;
- **за видом фільтруючого матеріалу:** природні матеріали (кварцовий пісок, гравій, гранітні щебені, доменні шлаки, керамзит, антрацит, горілі породи, мармурова крихта) або штучні матеріали (полімери - пінополіуретан, полістирол й ін.).

Фільтруючі матеріали. До фільтруючих матеріалів пред'являється ряд вимог. Вони повинні мати певний фракційний склад, механічною міцністю (на стирання й здрибнювання), хімічною стійкістю до води і її домішок, повинні бути доступними й мати невисоку вартість.

Фракційний склад зерен фільтруючого завантаження визначає продуктивність фільтрів. Використання дуже великого фільтруючого матеріалу приводить до збільшення пропускної здатності фільтра й зниженню якості фільтрату. І навпаки, дрібний фільтруючий матеріал викликає зменшення тривалості фільтроцикла й перевитрата промивної води. Збільшення ступеня неоднорідності зерен завантаження погіршує умови промивання фільтруючого матеріалу, а також обумовлює концентрування дрібних часток на поверхні завантаження внаслідок гідравлічної класифікації часток при промиванні. Останнє, приводить до утворення на поверхні фільтруючого шару плівки зважених часток і перешкоджає фільтруванню води.

Недостатня механічна міцність фільтруючого матеріалу сприяє збільшенню гідравлічного опору завантаження й віднесенню матеріалу промивною водою.

Хімічна стійкість матеріалу завантаження - одне з основних вимог, що запобігає забрудненню очищуваної води та зміні властивостей фільтруючого матеріалу в процесі експлуатації фільтрів.

Найбільшого поширення набули такі фільтруючі матеріали, як кварцовий пісок, дроблений антрацит, кварц, мармур, керамічна крихта, доломіт, магнетит й ін. Останнім часом одержав поширення керамзит, пористі пластмаси (полістирол, поліуретан й ін.), горілі породи й ін. Для завантаження фільтрів застосовують середньозернистий (розміри зерен 0,35 - 1,5 мм) і грубозернистий пісок (0,5 - 2 мм).

- **за швидкістю фільтрування** фільтри є *повільні* ($V = 0,1-0,5$ м/год), у яких фільтрування йде переважно у верхньому шарі; *швидкі* ($V=3-25$ м/год), що працюють у повному обсязі завантаження і *надшвидкісні* ($V=25-100$ м/год)
- **за робочим тиском** є відкриті (безнапірні) і напірні фільтри.
- **за крупністю фільтруючого матеріалу** розрізняють – дрібнозернисті (розміром часток верхнього шару завантаження 0,4 мм), середньозернисті (0,4 - 0,8 мм) і грубозернисті (більше 0,8 мм) завантаження.

Для запобігання виносу фільтруючого матеріалу з фільтратом застосовують спеціальні дренажні системи (пористі труби й плити, ковпачки й ін.) або укладають фільтруючі матеріали на підтримуючі шари (гравій, щебінка й т.п.), розташовувані один по одному збільшення крупності часток.

При погіршенні якості фільтра або значному збільшенні гідравлічного опору фільтра проводиться промивання фільтруючого матеріалу завантаження. Фільтри промивають через дренажну систему знизу нагору.

Для більше ефективного очищення фільтрів використовують водоповітряну промивку, за якої зернистий шар спочатку продувається повітрям для розпушення, а потім подається вода. Інтенсивність подачі повітря змінюється в межах від 18 до 22 л (м^2 /с), а води – від 6 до 7 л (м^2 /с).

Сітчасті барабанні фільтри, застосовувані як самостійні споруди глибокого очищення, називають мікрофільтрами, а встановлювані перед зернистими фільтрами глибокого очищення – барабанні сітки.

В одношарових фільтрів фільтруючий шар складається з однорідного матеріалу, у багатошарових – із суміші різних матеріалів (пісок, антрацит й ін.). Як матеріал верхніх фільтруючих шарів у цьому випадку використовують антрацит (діаметр 0,8-1 мм), керамзит, полістирол, а нижніх - пісок (діаметр 0,4-0,5 мм), граніт, магнетит. Найчастіше як завантаження застосовують шар піску крупністю 0,5-1,2 мм, висотою 400-500 мм і шар дробленого антрациту або керамзиту такої ж висоти, крупністю 0,8-1,8 мм. Оскільки антрацит приблизно в 1,7 рази легше піску, то при промиванні більші зерна антрациту не змішуються з піском, і зберігається пошарове розташування. При фільтруванні через таке завантаження вода зустрічає на своєму шляху спочатку більші зерна антрациту, а потім більше дрібний пісок. Внаслідок цього, затримувані фільтром забруднення, можуть проникати на більшу глибину. При цьому ступінь ефективності фільтруючого завантаження значно підвищується.

Брудоемкість зернистих фільтрів приймають за затримкою 1-2 кг/м³ нафти і 1,5-3 кг/м³ механічних домішок. Ефективність фільтрування підвищується при додаванні у воду 5-10 мг/л коагулянту Al₂(SO₄)₃ і 0,2-0,3 мг/л флокулянта ПАА.

Збільшення брудоемкості фільтрів без зниження ефективності прояснення води досягається застосуванням фільтрів з багатошаровим завантаженням, що складається з матеріалів різної щільності. Наявність у багатошаровому фільтрі верхніх грубозернистих шарів спричиняє більшу глибину проникнення забруднень, а наявність нижнього дрібнозернистого піщаного шару - досить високу ефективність прояснення води. Крім того, різні за природою фільтруючі матеріали збільшують імовірність адгезійної взаємодії часток із зернами завантаження.

Найбільше поширення одержали двошарові фільтри. Як матеріал верхніх фільтруючих шарів використовується антрацит ($d_3 = 0,8 - 1,1$ мм), керамзит, полістирол, для нижніх шарів – пісок ($d_3 = 0,4 - 0,5$ мм), граніт, магнетит і ін.

Швидкість фільтрування води становить 10 м/год і більше (до 25 м/год). Брудоемкість багатошарових фільтрів вище у 2-4 рази, а тривалість фільтроциклу - у 2-3 рази, ніж одношарових фільтрів.

6.2 Сітчасті фільтри

Напірний сітчастий фільтр з автоматичним промивним пристроєм ВСФ-2000. Фільтруючим елементом є сітка з проволочи діаметром 0,25-0,12 мм. Сітки відрізняються за розміром, матеріалом і способом плетіння. Принцип роботи: вода, що очищається, подається у дві камери, розташовані зверху і знизу, а відводиться через патрубок, розташований у середній частині корпусу. Камери розділені між собою перегородками, які складаються з 3-х шарів – фільтруючої металевої сітки, з двох боків затиснутої дірчастими плитами. Вода фільтрується через цю металеву сітку. Тиск у верхній і нижній камерах складає близько 5 атм., а в центральній камері – близько 4 атм. Забруднення, що утворилися на поверхні сіток видаляються за допомогою пристрою, що обертається, порожнина якого сполучається з атмосферою через патрубок (6) і центральну трубу. Пристрій, що обертається, за допомогою притискного механізму щільно прилягає до дірчастих плит (9).

Промивка фільтра здійснюється механізмом з частотою обертання 2,3 об/хвил., що розташований на кришці фільтра. На валу механізму закріплено вертикальну трубу, до якої прикріплені дві промивні камери, через які промивна вода відводиться по вертикальній трубі за межі фільтра. Сітки можуть промиватися безперервно або циклічно за заданою програмою.

Продуктивність фільтра – 2000 м³/год. Фільтр затримує завислі речовини крупністю 0,01 мм і більше при швидкості фільтрування 60-70 м/год. Втрати напору при безперервній промивці сіток складають 0,3-0,5 кгс/см². Ефект очистки залежить від вихідної концентрації і дисперсного складу забруднюючих речовин, розмірів комірок фільтруючої сітки та швидкості фільтрування.

При наявності в стічних водах разом із завислими речовинами різних нафтопродуктів, жирів, масел – застосування сітчастих фільтрів у край обмежене

через небезпеку відносно кальмотації сітки. За допомогою сітчастих фільтрів можна добитися високої ефективності при очищенні стічних вод, що містять тверді механічні домішки.

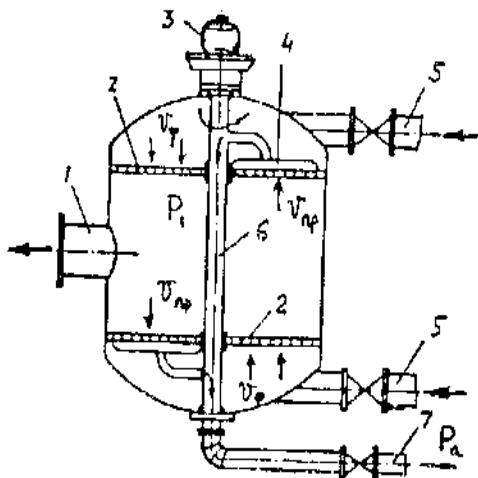


Рисунок 6.1 – Вискошвидкісний сітчастий фільтр ВДФ-2000
 1 – відведення очищеної води;
 2 – фільтруючі елементи;
 3 – електродвигун для переміщення коробів, що обертаються; 4 – короб, що обертається; 5 – подача СВ;
 6 – полий вал; 7 – відведення промивної води

6.3 Напірні фільтри

Напірні фільтри являють собою закриті резервуари циліндричної форми, що можуть витримувати значний тиск. Основні елементи напірних фільтрів такі самі, як в безнапірних фільтрах – фільтрувальне завантаження і підтримуючі шари, дренажна система, призначена для відведення проясненої води і подачі промивної води, розподільним пристроєм для стислого повітря та т.п. Фільтри розраховують на тиск 0,4 – 0,6 МПа.

Застосовують вертикальні й горизонтальні напірні фільтри. Висота шару фільтруючого матеріалу становить звичайно 1000 – 1200 мм. Вода на очистку подається під напором у верхню частину камери фільтра. Потім у спадному потоці вода проходить фільтруючий шар, освітлюється і через трубчастий дренаж видаляється під залишковим напором за межі фільтра. В міру забруднення фільтруючого шару, при збільшенні його опору до 0,15 МПа фільтр виводиться на промивання, що полягає в подачі води і стиснутого повітря зворотним струмом - знизу нагору. Подача повітря потрібна для розпушення зерен фільтруючого матеріалу і кращого відмивання їх від забруднень.

Напірні фільтри мають напрямок фільтрування зверху вниз, швидкість фільтрування 5-12 м/год, а тривалість фільтроциклу 12-48 год залежно від якості стічних вод. Залишковий вміст у воді нафтопродуктів допускається 7-20 мг/л (початковий вміст 40-80 мг/л), механічних домішок - 10-20 мг/л (початковий вміст 30-60 мг/л).

6.4 Фільтри плаваючим завантаженням

Останнім часом для фільтрування поширення набули полімерні матеріали які дозволяють значно підвищити швидкість фільтрування, зменшити тривалість фільтроциклу і скоротити витрати на очистку.

Перевагами таких фільтрів є:

- висока брудоемкість, що становить 40–200 кг/м³ завантаження;

- незначні втрати напору;
- збільшена тривалість фільтроциклу;
- простота конструкції, надійність роботи.

Розроблено декілька конструкцій фільтрів із завантаженням з подрібненого пінополіуретану розмірами гранул 0,5–12 мм і пор 0,8–1,2 мм. Найбільш ефективними для доочистки стічних вод є фільтри марок ФПЗ-3 та ФПЗ-4 (рис. 6.2).

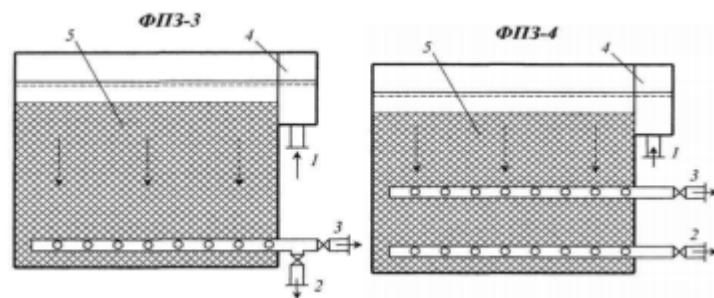


Рисунок 6.2 – Фільтри з плаваючим завантаженням:

*1 – підведення води; 2 – відведення промивної води; 3 – відведення фільтрату;
4 – розподільний карман; 5 – плаваюче завантаження*

Завантаження фільтрів ФПЗ-3 і ФПЗ-4 складається з гранул, крупність яких зменшується за напрямом руху води. Фільтр ФПЗ-4 працює до повної кальмотації завантаження, після чого необхідна її регенерація.

Висота шару завантаження становить 1,0–1,2 м.

Такі фільтри використовують для доочистки як механічно очищених виробничих стічних вод (металургійна, хімічна промисловість), так і біологічно очищених міських стічних вод.

Ефект очистки таких фільтрів становить за зваженими речовинами 70–85 %, за БПК_{повн} – 65–75 %.

6.5 Каркасно-засипні фільтри

Каркасно-засипний фільтр (КЗФ) є різновидом фільтрів, у яких використовується принцип фільтрування в напрямку зменшення крупності зерен завантаження. За конструкцією КЗФ подібний до звичайного фільтра з фільтруванням води згори вниз і верхнім відведенням промивної води.

У КЗФ на підтримуючий гравійний шар спочатку вкладають шар гравію крупністю 40–60 мм товщиною 1,8 м – так званий «каркас», який на висоту 0,9 м засипають піском крупністю зерен 0,8–1 мм.

Таким чином, КЗФ – це фактично двошаровий фільтр, верхній гравійний шар якого затримує найкрупніші частинки (приблизно 20–40 % загальної кількості), а нижній – гравійно-піщаний, – інші частинки, що залишились у воді. Завдяки цьому КЗФ має більшу брудоемкість, ніж фільтри інших конструкцій, і барабанні сітки перед ним не встановлюють.

Конструкція каркасно-засипного фільтра (рис. 6.3) аналогічна конструкції

звичайного швидкого фільтра зі спадним рухом води й нижнім відводом промивної води. Подача води здійснюється по системі жолобів. Дренажна система представлена у вигляді дірчастих труб з підтримуючими гравійними шарами. На підтримуючий гравійний шар завантажують гравій і пісок. Пісок заповнює міжпоровий простір гравійного каркаса. Замість гравію можна застосовувати щебінь, а замість піску шлак, керамзит, мармурову крихту, антрацит. Перевагами каркасно-засипного фільтра є висока якість фільтрату, підвищена брудоемкість завантаження.

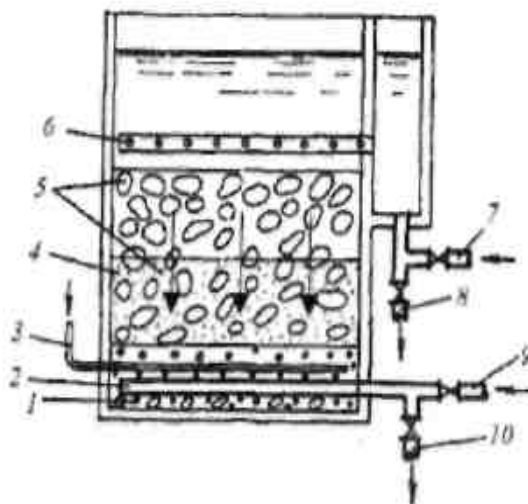


Рисунок 6.3 – Схема каркасно-засипного фільтра:

- 1 - підтримуючий шар з гравію;
2 - розподільна система для води; 3 - подача повітря при промивці; 4 – піщана засипка; 5 - гравійний каркас; 6 - трубчаста система для подачі вихідної та відведення фільтрованої води; 7 - подача вихідної води; 8 – відвід промивної води;
9 - подача промивної води; 10 – відвід фільтрованої води*

У цьому фільтрі використовуються дешеві фільтруючі матеріали, що вигідно відрізняє його від інших багат шарових фільтрів. Завантаження фільтра виконується у вигляді каркаса із гравію або щебенів і засипки із дрібнозернистого матеріалу, що заповнює частину порового простору каркаса. Як матеріал засипки використовують пісок, антрацит, мармурову крихту, керамзит, гранульований доменні шлаки.

При розрахунку КЗФ приймають: швидкість фільтрування - 10 м/с, тривалість фільтроциклу - 20 год, висоту шару води над піщаним завантаженням - біля 2 м, втрати напору в завантаженні до кінця фільтроциклу - до 3-3,5 м. За початкових концентрацій в доочишуваних стічних водах завислих речовин до 20, БПК_{повн} - до 15-20 і ПАР - до 2,5 мг/л, КЗФ забезпечує зменшення їх концентрацій відповідно на 70-80, 70 і 80 %.

Промивка КЗФ може бути як водяною, так і водоповітряною.

Контрольні питання

1. Які спороди можуть входити до схеми механічної очистки виробничих стічних вод ?

2. Переваги й недоліки вертикальних і горизонтальних відстійників.
3. Типи конструкцій усереднювачів.
4. Відстоювання стічних вод у тонкому шарі.
5. Призначення та принцип дії відкритих і напірних гідроциклонів.
6. Конструктивні особливості і принцип роботи флокулятора.
7. Чим обумовлено створення спеціальних конструкцій відстійників для очистки виробничих стічних вод ?

ТЕМА 7 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ. ОЧИСТКА МЕТОДОМ ФЛОТАЦІЇ

1. Сутність флотації. Загальні відомості про флотацію, формування флотаційного агрегату.
2. Види флотації. Схема напірної флотації.

7.1 Сутність флотації. Загальні відомості про флотацію, формування флотаційного агрегату

Флотація відноситься до фізико-хімічних методів очищення стічних вод і застосовується в багатьох виробництвах: нафтопереробної, гірської, металургійної, машинобудівної, хімічної, харчової промисловості, штучного волокна, целюлозно-паперової, шкіряної промисловості, м'ясо-молочної.

Флотація (фр. flotter - плавати) - процес поділу дрібних твердих часток, заснований на розходженні їх у змочуваності водою. Термін "флотація", що є похідним від "flotter" - плавання, саме й позначає саму суть процесу. Перші досвіди з поділу твердої й рідкої фази з виділенням тонких суспензій сульфідної руди були проведені Хайнсом у середині 19 століття, в 1860 році, де як спливаючу субстанцію було використано масло.

У 1982 році в Англії було розроблено методику плівкової флотації, що застосовувалася також для збагачення руди й пов'язана з тим, що частки, не змочувані водою, спливають на поверхню потоку. Пінна флотація відома з 1877 року. Авторами цього методу були брати Бессели з Німеччини. Сутність процесу цього типу флотації полягає в пропущенні через очищувану рідину дрібних пухирців повітря, до яких і прилипають частки. Пінна субстанція, що утворюється (флотошлам) спливає на поверхню, звідки збирається для подальшого згущення й фільтрації. Для одержання таких пухирців найчастіше використовують спеціальний пристрій - аератор.

Флотаційні установки слід застосовувати для видалення з води зважених речовин, ПАВ, нафтопродуктів, жирів, масел, смол, волокон, часток фарби й інших речовин, осадження яких малоефективне.

Перевагами флотації є б високий ступінь очищення (95-98%), безперервність процесу, широкий діапазон застосування, невеликі капітальні вкладення й експлуатаційні витрати, простота апаратури, селективність виділення домішок, у порівнянні з відстоюванням більша швидкість процесу, а також можливість одержання шламу (пінного продукту), більш низької вологості,

Флотація використовується при рішенні екологічних проблем переважно в процесах очищення стічних вод, що містять гідрофобні забруднення.

Використання флотаційних установок з різними способами аерації обумовлено присутністю в стічних водах часток, що володіють добре вираженими гідрофобними властивостями. Гідрофобні (погано змочувані водою) частки вибірково закріплюються на границі розділу фаз, зазвичай газу й води, і відокремлюються від гідрофільних (добре змочуваних водою) часток. При флотації пухирці газу або краплі масла прилипають до часток, погано змочуваних водою, і піднімають їх до поверхні.

Гідрофобність - це фізична властивість молекули, що "прагне" уникнути контакту з водою. Сама молекула в цьому випадку називається гідрофобною. До них ставляться нафтопродукти, жири, масла.

Гідрофільність - здатність речовини змочуватися водою.

Гідрофільність і гідрофобність є характеристиками інтенсивності молекулярної взаємодії поверхні тіл з водою.

Флотація є складним фізико-хімічним процесом. Процес очищення стічних вод методом флотації полягає в утворенні комплексів "частки-пухирці", спливанні цих комплексів і видаленні пінного шару, що утворився з поверхні оброблюваної рідини.

Формування флотаційного агрегату

Центральним моментом процесу флотації є приставання часток до пухирців повітря (газу) з утворенням флотаційного агрегату пухирці - частки. Присипання частки, що перебуває у воді до поверхні газового пухирця можливо тільки тоді, коли спостерігається незмочування або погане змочування частки рідиною.

Приставання може здійснюватися двома шляхами: зіткненням і закріпленням часток на пухирцях повітря у водному середовищі й безпосереднім формуванні пухирця на поверхні часток за рахунок виділення газу при зниженні тиску над поверхнею водного середовища. У напірному флотаторі здійснюється другий спосіб приставання.

Міцність з'єднання "пухирець - частка" залежить від розмірів пухирця й частки, фізико-хімічних властивостей пухирця, частки й рідини, гідродинамічних умов й інших факторів.

Механізм утворення комплексу "пухирець – частка" може бути різним і залежно від цього, розрізняють флотацію

- з виділенням повітря з розчину (напірна, вакуумна, ерліфтна, ежекторна);
- з механічним диспергуванням повітря (імпелерні, безнапірні й пневматичні флотаційні установки);
- з подачею повітря через пористі матеріали;
- електрофлотація.

Загальні відомості з теорії флотації

Імовірність приставання залежить від змочуваності частки, що характеризується величиною крайового кута. Чим більше крайовий кут змочування, тим більше ймовірність і міцність утримання пухирця на поверхні частки. Приставання відбувається при зіткненні пухирця із часткою або при виникненні пухирця з розчину на поверхні частки. На величину змочуваності

поверхні зважених часток впливають: адсорбційні явища й присутність у воді домішок ПАВ, електролітів й ін. Поверхнево-активні речовини - реагенти-збирачі, абсорбуючись на частках, знижують їх змочуваність водою, тобто роблять їх гідрофобними. Як реагенти-збирачі використовують: масла, жирні кислоти і їх солі й ін. Підвищенням гідрофобності часток можна досягти й сорбцією молекул розчинених газів на їхній поверхні.

Маса часток не повинна перевищувати сили приставання її до пухирця й піднімальної сили пухирців. Розмір часток, які добре флотуються, залежить від щільності матеріалу й дорівнює 0,2-1,5 мм.

Флотаційні реагенти й механізм їхньої дії

Флотаційна активність часток в основному залежить від гідративності їхньої поверхні. Однак у промислових стічних водах, зокрема в масловміщуючих від прокатного виробництва, утримуються тонкодисперсні мулисті частки, частки окису металу (окалина), масла у вигляді стійких емульсій й інші забруднення, що володіють високою гідрофільністю поверхні. Для видалення цих часток зі стічних вод методом пінної флотації необхідно попередня зміна їх первинних поверхневих властивостей за допомогою флотаційних реагентів.

Класифікація флотаційних реагентів залежно від їхньої ролі й призначення:

- реагенти-збирачі, що підвищують гідрофобність поверхні часток;
- реагенти-піноутворювачі, що знижують поверхневий натяг на границі розділу фаз і сприяють утворенню стійких і флотаційно активних дрібних пухирців повітря;
- реагенти-регулятори (активатори, регулятори рН середовища), що представляють собою головним чином електроліти, які підвищують селективність процесу. У стічних водах металургійних підприємств збирачі присутні у вигляді різних мастильних матеріалів.

Принцип роботи флотаційного агрегату

Процес очищення стоків при флотації полягає в наступному: потік рідини й потік повітря (дрібних пухирців) у більшості випадків рухаються в одному напрямку. Зважені частки забруднень перебувають у повному обсязі стічної води й при спільному русі з пухирцями повітря відбувається агрегування частки з повітрям. Якщо пухирці повітря значних розмірів, то швидкості повітряного пухирця й забрудненої частки розрізняються так сильно, що частки не можуть закріпитися на поверхні повітряного пухирця. Крім того, великі повітряні пухирці при швидкому русі сильно перемішують воду, викликаючи роз'єднання вже з'єднаних повітряних пухирців і забруднених часток. Тому для нормальної роботи флотатора у флотаційну камеру не допускаються пухирці більше певного розміру.

Сутність флотаційного очищення полягає в тому, що стічні води штучно насичуються повітрям, на поверхні пухирців якого адсорбуються частки забруднень, спливають разом з ними на поверхню води, звідки видаляються. Ефект поділу флотацією залежить від розміру й кількості пухирців повітря. Оптимальний розмір пухирців дорівнює 15-30 мкм, а максимальний 100-200 мкм. При цьому необхідна високий ступінь насичення води пухирцями, і їхній рівномірний розподіл в об'ємі флотаційної установки. Велике значення має стабілізація розмірів пухирців у процесі флотації. Для цієї мети вводять різні

піноутворювачі, які зменшують енергію розділу фаз. До піноутворювачів відносять: соснове масло, феноли й ін. Деякі із цих речовин володіють збиральними й піноутворюючими властивостями.

На флотаційний процес впливають: рН стічних вод, температура стоків, солевміст, конструкція флотаційної установки та ін.

Флотаційні установки бувають: одно-, двох- і багатокамерні.

7.2 Види флотації. Схема напірної флотації

Види флотації залежно від типу границі розділу фаз:

1. Масляна (вода - масло), коли забруднення, змочені маслом виносяться на поверхню флотоустановок.

2. Плівкова (вода - тверде тіло), коли тонкоподрібнені сухим способом, частинки, насипаються тонким шаром з невеликої висоти на поверхню води. При цьому гідрофобні або погано змочувані частинки утримуються силами поверхневого натягання на поверхні води, утворюючи крихку плівку, тоді як гідрофільні тонуть і опускаються на дно апаратів.

3. Пінна (газ-вода-тверде тіло-реагенти), коли у спорудах створюється енергійне перемішування стічних вод з повітрям. При цьому у пінний продукт переходять гідрофобні частинки, а для їх утворення необхідна наявність різних реагентів (масел, нафти и нафтапродуктов, ПАВ та ін.).

4. Іонна (газ-рідина), коли витягуються у піну зі стічних вод забруднення у виді іонів металів. Процес флотації відбувається за наявності дрібних пухирців повітря й збирача (ПАВ). При цьому збирач повинний утворювати у воді іони, які мають заряд, протилежний заряду іона, що вилучається. Процес ефективний при низьких концентраціях іона, що вилучається.

Напірна флотація

Найбільшого поширення в процесах очистки стічних вод отримала напірна флотація. Перевагою цього способу перед іншими є те, що виділення пухирців відбувається безпосередньо на частинках забруднень, що знаходяться у стічній воді.

Утворювані флотокомплекси «частинка – пухирець газу (повітря)» спливають, утворюючи пінний шар. В цих випадках не потрібно забезпечувати зіткнення часток з пухирцями для утворення флотокомплексу, що спричиняє переклад часток у піну. Зазвичай при флотаційному очищенні стічних вод доводиться мати справу з дуже тонкими частками, імовірність зіткнення яких з пухирцями дуже низька. В апаратах напірної флотації пухирці на порядок менше (0,2 мм), ніж у механічних, пневмомеханічних, пневматичних флотомашинах (де порядок - 1-3 мм), а, отже, у них при меншій аерованості забезпечується значно більша поверхня поділу газ - рідина.

Швидкість спливання таких флотокомплексів мала й становить приблизно 1-3 мм/с, що призводить до більш значного часу перебування поділюваної суспензії у флотаційному апараті. Збільшуються також його габарити. Іншим істотним недоліком цього способу флотації є те, що насичення газом (повітрям) стічних вод обмежено тиском, при якому відбувається розчинення газу (повітря) у воді, і температурою води. У випадку очищення стоків з підвищеною

температурою (40-60 °С) різко зменшується розчинність повітря й ефект очищення падає в кілька разів.

За кількістю оброблюваної води на напірній флотоустановці є:

1. Прямоточна флотація (пряма), коли весь обсяг оброблюваних стоків надходить до сатуратора.

2. Флотація з рециркуляцією, коли до сатуратора (у напірний бак) подається 30-50 % очищеної стічної рідини.

Прямоточна напірна флотація найбільш проста в здійсненні, але вимагає високих енергетичних витрат і малоефективна при вилученні пластівчастих часток. Застосовується при рівномірному надходженні стоків (нафто- і мастиловміщуючих) на флотаційну установку й концентрації нерозчинених речовин не більше за 5 мг/л. При цьому повітрям насичується весь обсяг очищуваної рідини.

При частково-прямоточній флотації до сатуратора направляється близько 30% неочищених стічних вод, а інша частина - безпосередньо у флотаційну установку.

Флотацію з рециркуляцією рекомендується застосовувати при очищенні стоків, що містять пластівчасті зважені речовини, при використанні в якості флотореагентів – коагулянтів і флокулянтів, а також при доочищенні біологічно очищених стічних вод й ущільненні активного мулу. У випадку частково-прямоточної схеми реагенти подають у змішувальний пристрій у дозах, необхідних для обробки всієї кількості стічної води. При спільному використанні коагулянтів і флокулянтів їх уводять у стічну воду послідовно з інтервалом 1-3 хв.

Установки для напірної флотації (рис. 7.1) прості й зручні в експлуатації. Напірна флотація дозволяє очищати стічні води з концентрацією суспензій до 4-5 г/л.

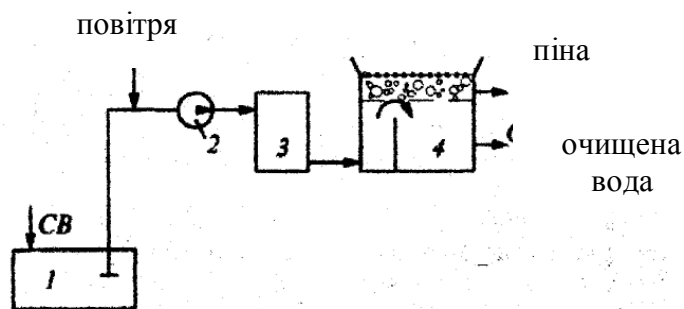


Рисунок 7.1 – Принципова схема напірної флотації.

1 - ємкість; 2 - насос; 3 — напірний бак (сатуратор); 4 - флотор.

Процес здійснюється у дві стадії:

- 1) насичення води повітрям під тиском;
- 2) виділення розчиненого газу під атмосферним тиском.

В технології флотаційної очистки поширення отримало примусове насичення рідини повітрям, яке здійснюється переважно з виростанням сатуратора. У флотаційній камері, яка працює при атмосферному тиску, відбувається виділення розчиненого повітря й здійснюється процес флотації.

Таким чином, утворення пухирців газу у воді відбувається внаслідок зменшення розчинності повітря у воді при зниженні тиску. При цьому виділення газу з води відбувається безпосередньо на частці. Таким чином, утворення пухирців газу у воді відбувається внаслідок зменшення розчинності повітря у воді при зниженні тиску. При цьому виділення газу з води відбувається безпосередньо на частці.

Під час напірної флотації стічні води під тиском 0,3-0,5 МПа подаються в напірний бак-сатуратор, туди ж компресором подається повітря. Насичена повітрям вода із сатуратора прямує у флотаційну камеру, де пухирці повітря, що виділилися зі стічних вод, спливають разом із частками забруднень.

При експлуатації флотаційних установок особу увагу приділяють своєчасному видаленню піни, яка руйнується протягом 10-15 хв. і є вторинним забруднювачем стоку.

Залежно від об'єму і ступені забруднення стічних вод нафтопродуктами використовують горизонтальні флотатори (рис. 7.2) (до 100 м³/год) – прямокутні в плані камери глибиною 1–1,5 м з горизонтальним рухом води, і радіальні флотатори (більше 100 м³/год) глибиною не менше ніж 3 м (глибина зони флотації й зони відстоювання призначається не менше 1,5 м, а тривалість перебування води в них відповідно не менше 5 й 15 хв). Площу флотаційної камери слід приймати виходячи з гідралічного навантаження від 3–6 до 10 м³/ч на 1 м² площі поверхні камери. Горизонтальна швидкість руху води в прямокутних флотокамерах - не більше 5 мм/с. Об'єм флотокамери складається з об'єму робочої зони (глибина 1,0–3,0 м), зони формування й нагромадження піни (глибина 0,2–1 м), зони осаду (глибина 0,5–1,0 м). Число флотокамер повинне бути не менш двох, усі камери робочі. Розрахунок флотаційних установок полягає у визначенні об'ємів й розмірів флотаційних камер, визначенні кількості шламу, що утворюється (пінного продукту) і осадів, підбору насосів і визначенні місткості напірних баків.

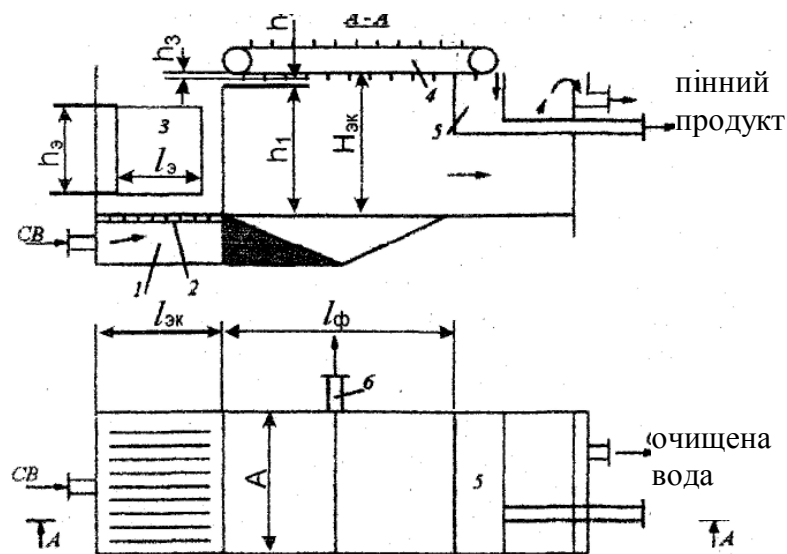


Рисунок 7.2 – Горизонтальний флотатор:

1 – впускна камера; 2 – решітка-заспокійлювач; 3 – електродна система;
4 – пінозйомник; 5 – пенозбірник; 6 – відведення осаду та випорожнення флотатору

Флотатори-відстійники являють собою комбіновані споруди, що складаються із круглого в плані радіального відстійника з вбудованої в нього підвісною флотокамерою (рис. 7.3).

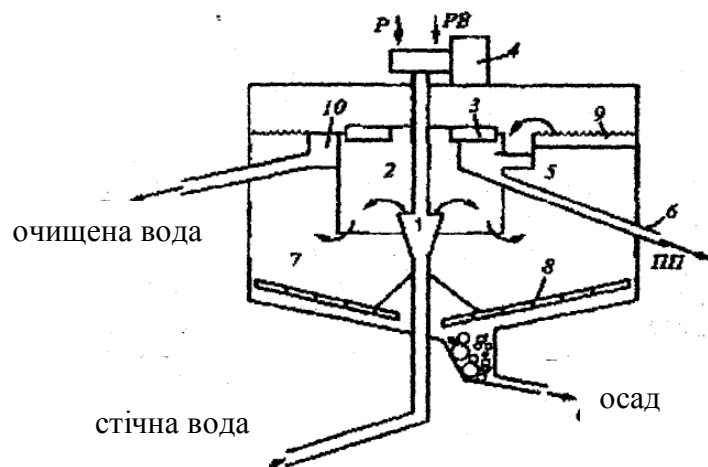


Рисунок 7.3 – Схема флотатора-відстійника

1 – водорозподільник; 2 – підвісна флотокамера; 3 – верхні шкребки; 4 – електропривід; 5 – збірник піни; 6 – вихід пінного продукту; 7 – відстійна камера; 8 – донні шкребки; 9 – зубчастий водозлив; 10 – кільцевий лоток очищеної води; Р – подача реагентів; РВ – рециркулююча вода; ПП – пінний продукт.

Розроблені типові проекту радіальних флотаторів і флотаторів - відстійників пропускною здатністю 300, 600 й 900 м³/год, що мають відповідно діаметри 9, 12 й 15 м і глибину 3 м.

Контрольні питання

1. Поясніть сутність процесу формації.
2. Види флотації
3. Від чого залежить ефективність процесу флотації? Переваги флотації.
4. Наведіть схему напірної флотації.

ТЕМА 8. ХІМІЧНІ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ

1. Основні способи нейтралізації. Реагенти, установки для нейтралізації
2. Обробка стічних вод електрофлотацією.
3. Очистка промислових стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлотокоагуляції.

8.1 Основні способи нейтралізації. Реагенти, установки для нейтралізації

До основних хімічних способів очистки відносяться окислювання забруднюючих воду речовин, нейтралізація із введенням у стічні води речовин з кислою або лужною реакцією для забезпечення в них рН у межах 6, 5-8,5.

Хімічна очистка може здійснюватися як самостійний метод перед подачею виробничих стічних вод у систему оборотного водопостачання, а також перед

спуском їх у водойму або міську каналізаційну мережу. Нейтралізацію застосовують для обробки виробничих стічних вод, що містять кислоти й луги.

Більшу небезпеку представляють кислі стоки, які до того ж зустрічаються значно частіше, ніж лужні. Найчастіше стічні води забруднені кислотами - сірчаною, азотною, соляною, а також їхніми сумішами. Крім того, у більшості кислих стоків містять солі важких металів, які необхідно видаляти.

Нейтралізацію здійснюють у наступних цілях:

- для запобігання корозії матеріалів каналізаційних мереж й очисних споруд;
- щоб уникнути порушення біохімічних процесів у біологічних окислювачах й у водоймах;
- для осадження зі стічних вод солей важких металів.

Практично нейтральними вважають води, що мають $pH = 6,5-8,5$

Основні способи нейтралізації

1) *Взаємна нейтралізація кислих і лужних стічних вод*. Режим скидання стічних вод, що містять кислоту й відпрацьовані луги, як правило, різні. Кислі води зазвичай скидаються в каналізацію рівномірно протягом доби й мають постійну концентрацію. Лужні води скидаються періодично в міру того, як скидається лужний розчин. У зв'язку із цим для лужних вод часто необхідно влаштовувати регулюючий резервуар. З резервуара ці води рівномірно випускають у камеру реакції, де в результаті змішування їх з кислими стічними водами відбувається взаємна нейтралізація. Даний метод широко використовують на підприємствах хімічної промисловості.

2) *Нейтралізація реагентами* (негашене вапно, гашене вапно $Ca(OH)_2$, кальцинована сода). Реагентний метод застосовують у випадку, якщо на промислових підприємствах є тільки кислі або тільки лужні стічні води, або якщо неможливо забезпечити взаємну нейтралізацію. Вапно для нейтралізації застосовують у вигляді вапняного молока 5%-й концентрації або у вигляді порошку. Цей метод поширений для нейтралізації кислих вод. Оскільки в кислій і лужній виробничій стічній водах практично завжди присутні іони металів, то дозу реагенту визначають із урахуванням виділення в осад солей важких металів. Час контакту стічних вод і реагенту повинний бути не менше ніж 5 хв. Для кислих стічних вод, що містять розчинені іони важких металів, цей час повинний бути не менше ніж 30 хв.

3) *Нейтралізація кислих стічних вод шляхом фільтрування через нейтралізуючі матеріали* (вапно, вапняк $CaCO_3$, доломіт $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, магнезит MgO). Нейтралізацію соляно-, азотно-, а також сірчано-кислих стічних вод при концентрації сірчаної кислоти не більше за 1,5 г/л здійснюють на безперервно діючих фільтрах з вертикальним рухом води. При концентрації кислоти більше за 1,5 г/л кількість сульфату кальцію, що утворюється, перевищує його розчинність (2 г/л), і він починає випадати в осад, у результаті чого нейтралізація припиняється. Крупність фракцій матеріалу завантаження становить 3 - 8 см; розрахункова швидкість фільтрування залежить від виду завантажувального матеріалу, але не більше 5 м/год; тривалість контакту не менш 10 хв. Застосування таких фільтрів можливо за умови відсутності в кислих стічних

водах розчинених солей важких металів, оскільки при $pH > 7$ вони будуть випадати в осад у вигляді важко розчинних сполук, які повністю забивають пори фільтра.

4) *Нейтралізація димовими газами.* Застосування для нейтралізації лужних стічних вод газів, що відходять, утримуючих диоксида вуглецю, сірки й азоту й інші кислі гази, дозволяє не тільки нейтралізувати стічні води, але й одночасно здійснювати високоефективне очищення самих газів від шкідливих компонентів. Нейтралізація виробляється в колонних абсорбційних апаратах, розрахунок якої заснований на закономірностях хемосорбції. Процес нейтралізації може бути проведений у реакторах з мішалкою, у розпилювальних, плівкових і тарілчастих колонах.

Вибір способу нейтралізації залежить від багатьох факторів:

- виду й концентрації кислот, що забруднюють виробничі стічні води,
- витрат і режиму надходження відпрацьованих вод на нейтралізацію, наявності реагентів,
- місцевих умов і т.п.

Нейтралізація змішуванням. Цей метод застосовують, якщо на одному підприємстві або на сусідніх підприємствах є кислі й лужні води, не забруднені іншими компонентами. Кислі й лужні води змішують у ємності (рис. 8.1) з мішалкою. При змінній концентрації стічних вод у схемі передбачають установку усереднювача або забезпечують автоматичне регулювання подачі в камеру змішування.

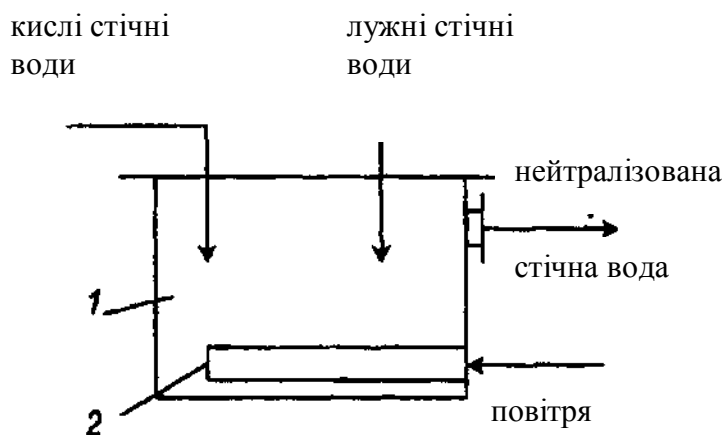


Рисунок 8.1 – Нейтралізатор змішування
1 – ємність; 2 – розподільник повітря

Принципова схема реагентної нейтралізації наведена на рисунку 8.2.

Нейтралізовану воду використовують у виробництві, а осад зневоднюють на шламових майданчиках або вакуум-фільтрах.

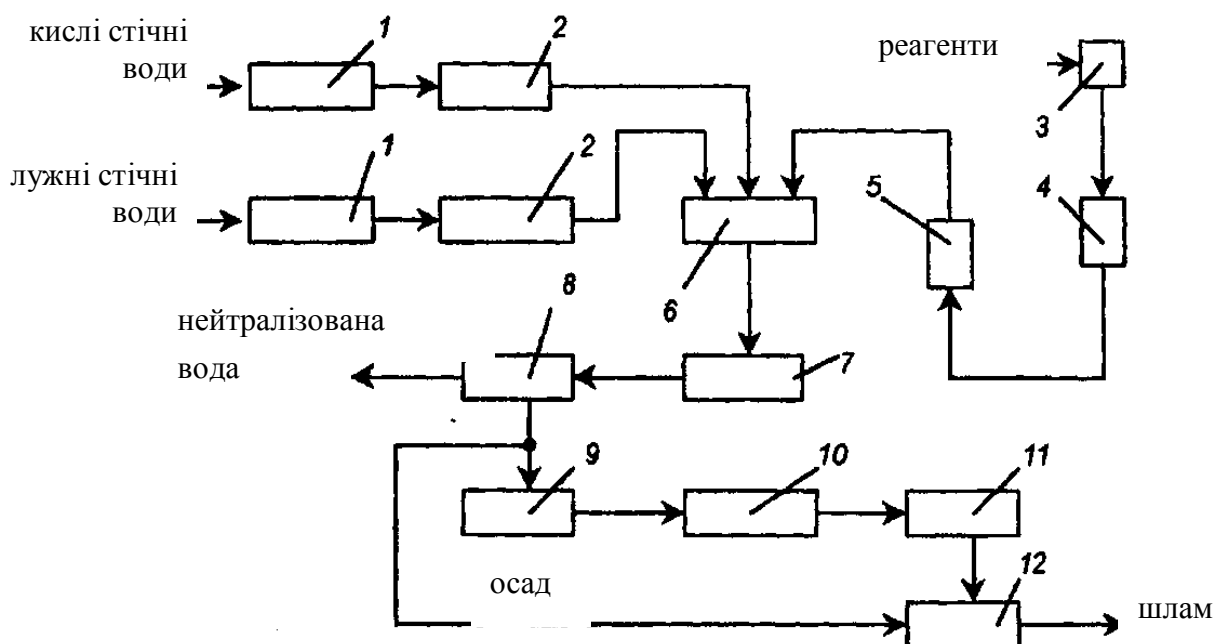


Рисунок 8.2 – Схема станції реагентної нейтралізації:

1– пісколовки; 2– усереднювачі; 3 - склад реагентів; 4 - розчинний бак;
5 – дозатор; 6 – змішувач, 7 - нейтралізатор; 8 - відстійник; 9 –
осадкоуцільнювач; 10 - вакуум-фільтр; 11 – накопичувач зневоднених осадів;
12 – шламовий майданчик

Нейтралізація додаванням реагентів. Для нейтралізації кислих вод можуть бути використані: NaOH , KOH , Na_2CO_3 , NH_4OH (аміачна вода), CaCO_3 , MgCO_3 , доломіт (CaCO_3 MgCO_3). Однак найбільш дешевим реагентом є гідроксид кальцію (вапняне молоко) зі змістом активного вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5-10%. Іноді для нейтралізації застосовують різні відходи виробництва, наприклад, шлаки сталеплавильного, ферохромового й доменного виробництв використовують для нейтралізації вод, що містять сірчану кислоту.

Реагенти вибирають залежно від складу й концентрації кислих стічних вод. При цьому враховують, утворювання осадів.

Розрізняють три види кислотовміщуючих стічних вод:

- 1) води, що містять слабкі кислоти (H_2CO_3 , CH_3COOH);
- 2) води, що містять сильні кислоти (HCl , HNO_3). Для їхньої нейтралізації може бути використаний будь-який названий вище реагент. Солі цих кислот добре розчинні у воді;
- 3) води, що містять сірчану й сірчисту кислоти. Кальцієві солі цих кислот погано розчинні у воді й випадають в осад.

Час контакту стічних вод і реагенту в камерах реакції повинний бути не менше 5 хв, для кислих вод, що містять розчинені іони важких металів - не менше 30 хв.

Вапно для нейтралізації вводять у стічну воду у виді гідроксиду кальцію (вапняного молока; «мокре дозування») або у виді сухого порошку («сухе» дозування). Схема установки для нейтралізації кислих вод вапняним молоком показана на рисунку 8.3.

Установки для нейтралізації стічних вод включають реагентне господарство, усереднювачі, змішувачі, контактні резервуари, відстійники для виділення шламів.

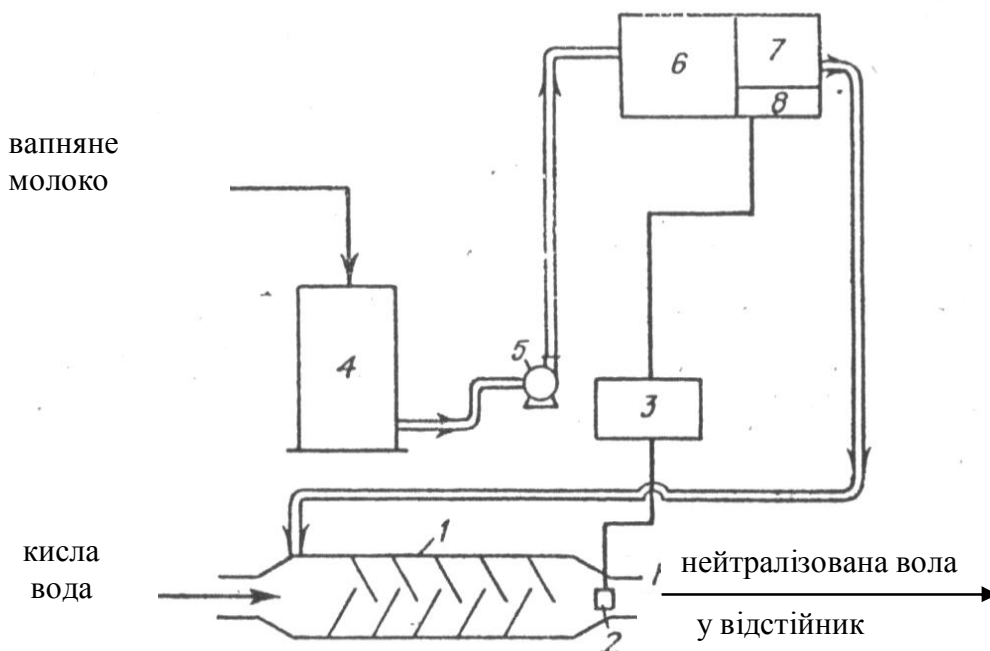


Рисунок 8.3 – Схема установки нейтралізації стічних вод:

1 - змішувач; 2 - заглибний датчик; 3 - прилади системи автоматичного регулювання; 4 - збірник вапняного молока; 5 - насос; 6 - прийомна частина дозатора; 7 - дозатор; 8 - виконавчий механізм

Для змішування стічних вод з вапняним молоком застосовують змішувачі різних типів: дірчасті, перегородчасті, вихрові, з механічними мішалками або барботажні з витратою повітря 5-10 м³/год на 1 м² вільній поверхні.

Кисла вода з усереднювача потрапляє до змішувача 1, який є одночасно і контактним резервуаром. Заглибний датчик 2, встановлений на виході зі змішувача, а також прилад системи автоматичного регулювання 3 дозволяють здійснювати автоматичне регулювання рН вод на виході зі змішувача. Вапняне молоко зі збірника 4 насосом 5 подається у прийомну частину 6 дозатора 7.

Час перебування води в камері нейтралізації при використанні вапняного молока складає 5-30 хвилин в залежності від наявності у воді солей важких металів та інших домішок.

Під час нейтралізації стічних вод, що містять сірчану кислоту, вапняним молоком в осад випадає гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Розчинність гіпсу мало міняється з температурою. При переміщенні таких розчинів відбувається відкладення гіпсу на стінках трубопроводів й їхнє забивання. Для усунення забивання трубопроводів необхідно промивати їх чистою водою або додавати в стічні води спеціальні помякшувачі, наприклад гексаметафосфат. Збільшення швидкості руху нейтралізованих вод сприяє зменшенню відкладень гіпсу на стінках трубопроводу.

Для нейтралізації лужних стічних вод використовують різні кислоти або кислі гази.

Нейтралізація фільтруванням кислих вод через нейтралізуючі матеріали. У цьому випадку для нейтралізації кислих вод здійснюють фільтрування їх через шар магнезиту, доломіту, вапняку, твердих відходів (шлаки, зола). Процес ведуть у фільтрах-нейтралізаторах, які можуть бути горизонтальними або вертикальними.

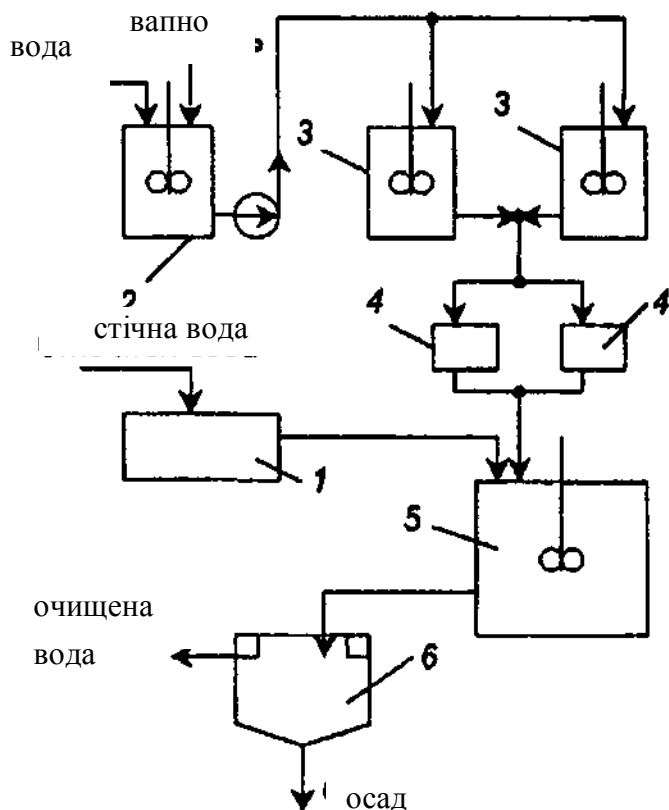


Рисунок 8.4 – Схема установки нейтралізації кислих стічних вод гідроксидом кальцію (вапняним молоком)

1 – усереднювач, 2 – апарат для гасіння вапна (CaO);
3 – розчинні баки; 4 – дозатори;
5 – нейтралізатори; 6 – відстійник

Нейтралізація кислими газами. Для нейтралізації лужних стічних вод останнім часом почали використовувати гази, що відходять і які вміщують CO_2 , SO_2 , NO_2 , N_2O_3 та ін. Застосування кислих газів дозволяє не тільки нейтралізувати стічні води, але й одночасно здійснювати високоефективне очищення самих

газів від шкідливих компонентів.

Використання для нейтралізації лужних стічних вод диоксида вуглецю має ряд переваг у порівнянні із застосуванням сірчаної або соляної кислот, дозволяє різко знизити вартість процесу нейтралізації. Внаслідок поганої розчинності CO_2 зменшується небезпека переокислювання нейтралізованих розчинів. Карбонати, що утворюються, знаходять більшого застосування в порівнянні із сульфатами або хлоридами, крім того корозійні й токсичні впливи CO_3^{2-} іонів у воді менше, ніж іонів SO_4^{2-} і Cl_3^- .

8.2 Обробка стічних вод електрофлотацією

Установки електрофлотації застосовують для обробки невеликої кількості стічних вод і технологічних розчинів у гальванотехніці при витраті не більше за $20\text{--}40 \text{ м}^3/\text{год}$ із високим змістом солей і низкою електропровідністю. При електрофлотації можливе використання коагулянтів і флокулянтів, а також комбіновані схеми напірної флотації й електрофлотації.

Електрофлотаційні установки застосовуються також при очищенні поверхневого стоку з територій пром підприємств з метою зниження концентрації нафтопродуктів і масел перед стадією фільтрування.

В установках електрофлотації для проведення процесу флотації використовують газоподібні продукти – водень і кисень, що виділяються на електродах при електролізі оброблюваної води. У процесі електролізу води на катоді виділяється водень, а на аноді - кисень. Основну роль у процесі флотації часток грають пухирці водню.

Сутність цього способу очищення стоків полягає в переносі забруднюючих часток з рідини на її поверхню поділу фаз за допомогою пухирців газу, що утворюються при електролізі стічної води. Пухирці поступово ростуть на поверхні електродів і при досягненні певного розміру відриваються. При спливанні вони зіштовхуються із частками забруднень і за рахунок дії молекулярних й електростатичних сил, що сприяють їхньому злиттю, транспортуються на поверхню розчину. Присутні в розчині домішки, що володіють поверхнево-активними властивостями, будуть сприяти утворенню флотоактивних комплексів і поверхневого пінного шару.

Електрофлотація дозволяє видаляти зі стічних вод домішки, що перебувають у розчиненому стані, емульгованому і суспендованому виді, зважені речовини й колоїдні частки.

Ефективність електрофлотації багато в чому залежить від числа й крупності пухирців газу. Основну роль тут грають пухирці, що утворюються на катоді. Розмір пухирців водню значно менше, ніж при інших способах флотації. Діаметр пухирців може мінятися від 20 до 100 мкм. Більше дрібні пухирці мають більшу розчинність. До того ж вони виділяються прямо на поверхні забруднень і тим самим сприяють ефекту флотації.

Для одержання необхідної кількості пухирців необхідного розміру необхідний правильний підбір матеріалу, діаметра дроту катода й щільності струму. Змінюючи щільність струму можна варіювати швидкість флотації. Зазвичай, чим більше насичення розчину пухирцями, тим вище швидкість флотації, але до певної межі. Збільшення щільності струму буде збільшувати потік пухирців, і вони почнуть відриватися від часток домішок.

При застосуванні розчинних електродів (звичайно залізних або алюмінієвих) на аноді відбувається анодне розчинення металу, у результаті чого у воду переходять катіони заліза або алюмінію, що приводять до утворення пластівців гідроокисів.

Електрофлотаційний спосіб має ряд переваг у порівнянні з іншими способами флотації: простота виготовлення апаратів й їхнього обслуговування, можливість регулювання ступеня очищення стоків залежно від фазово-дисперсного стану домішок, висока дисперсність пухирців газу, що забезпечує ефективність їхньої взаємодії з домішками.

При витраті стоків до 10-15 м³/год флотоустановки однокамерні, а при більшій - двокамерні горизонтального або вертикального типу.

Розрахунок установок для електрофлотації зводиться до визначення загального обсягу установки, обсягів електродного відділення й камери флотації.

8.3 Очистка промислових стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлотокоагуляції

З електрохімічних методів очищення стічних вод (особливо стоків гальванічних виробництв) поширення одержав метод електрокоагуляції.

Метод використовують в системах локального очищення стічних вод, забруднених тонкодисперсними й колоїдними домішками. Очищення здійснюють від різних емульсій, масел, жирів, нафтопродуктів, сполук хрому й інших важких металів. Ефективність очищення становить: від нафтопродуктів і масел 54–68 %, від жирів – 92–99 %. Електрокоагуляційні установки мають продуктивність 50 м³/год.

Метод електрокоагуляції є другим після реагентного. Цей метод не вимагає дефіцитних реагентів і має ряд переваг, таких як універсальність, відсутність додаткового сольового забруднення води в процесі очищення, невеликі розміри установок, компактність установок і простота керування, відсутність потреби в реагентах, повна відсутність або спрощення реагентного господарства, простота обслуговування встаткування, слабка чутливість до змін умов проведення процесу, одержання шламу з кращими структурно-механічними властивостями.

Електрокоагуляцію застосовують головним чином для очищення нейтральних і слабколужних стічних вод. Застосування електрохімічних методів доцільно при відносно високій електропровідності стічних вод, обумовленої наявністю в них неорганічних кислот, лугів або солей (при мінімальній концентрації солей, що дорівнює 0,5 г/л). При низьких концентраціях солей до стічних вод додають електроліти (зазвичай NaCl), що підвищують електропровідність стічних вод, у результаті чого знижуються питомі витрати електроенергії на їхню обробку.

Даний метод очищення стічних вод, заснований на електролізі з використанням металевих (сталевих або алюмінієвих) анодів, що піддаються електролітичному розчиненню. У результаті розчинення анодів вода збагачується відповідними іонами, що утворюють потім у нейтральному або слабколужному середовищі гідроксид алюмінію або гідроксид заліза. Під їхньою дією відбувається процес коагуляції високодисперсних речовин, що втримуються у воді, аналогічний обробці води відповідними солями алюмінію або заліза.

Однак, на відміну від застосування сольових коагулянтів, при електрокоагуляції вода не збагачується сульфат- і хлорид-іонами, вміст яких в очищеній воді лімітується як при скиданні її у водойми, так і при повторному використанні в системах виробничого водопостачання.

При електрокоагуляції стічних вод, що містять тонкодисперговані домішки, протікають й інші електрохімічні, фізико-хімічні й хімічно процеси: катодне відновлення розчинених у воді речовин, флотація твердих й емульгованих часток пухирцями газоподібного водню, що виділяється на катоді. Крім того, відбувається сорбція іонів і молекул розчинених домішок, а також часток, емульгованих у воді домішок, на поверхні гідроксиду алюмінію (заліза), які володіють значною сорбційною здатністю, особливо в момент утворення. Пластівці гідроксиду металу із сорбованими забрудненнями, зіштовхуються з

пухирцями газу, з'єднуються з ними й спливають на поверхню рідини. Деякі частки забруднень, що мають пластівчасту структуру, можуть самокоагулювати один з одним тим самим, збільшуючи ефект гетерокоагуляції всієї системи. Для відділення пластівців коагулянту із сорбованими забрудненнями застосовують наступне відставання або флотацію.

Стримуючим фактором застосування електрокоагуляції є підвищена витрата електроенергії й листового заліза й алюмінію. Тому необхідність використання даного методу в кожному конкретному випадку повинна бути економічно обгрунтована.

На ефективність електрокоагуляції впливають: матеріал електродів, відстань між ними, швидкість руху води між електродами, температура й склад води, напруга й щільність струму. Електрокоагуляцію рекомендується проводити у нейтральному або слабколужному середовищі за наступних умов: щільність струму не більше за 10 А/м^2 , відстань між електродами – не більше за 20 мм, швидкість руху води не менше ніж 0,5 м/с.

Як аноди використовують графіт, магнетит, свинець і його з'єднання, кремнієві сплави й ін. Катоди виготовляють із графіту, молібдену, сплаву вольфраму із залізом або нікелем, нержавіючої сталі й ряду інших речовин.

Аноди й катоди часто виготовляють із того самого матеріалу, що дозволяє підвищити ресурс роботи апарата, періодично змінюючи полярність електродів. Найчастіше електроди виготовляють із заліза або алюмінію. Під дією постійного електричного струму аноди розчиняються з утворенням гідроксидів або солей металів, здатних до коагуляції.

На практиці зазвичай використовують безнапірні пластинчасті електрокоагулятори, напрямок руху рідини в які може бути горизонтальним або вертикальним. Вони можуть бути однопотоковими, багатопотоковими або змішаними. У разі багатопотокової схеми руху рідини, вода проходить одночасно через проміжки між електродами (паралельне сполучення каналів).

Електрокоагулятор являє собою корпус прямокутної або циліндричної форми, у який поміщають електродну систему.

Електрофлотокоагуляція

Часто при проведенні електрофлотації використовують попереднє введення в стічні води коагулянтів. За рахунок цього ефективність флотації істотно підвищується.

Одночасне утворення пластівців коагулянту й пухирців газу в стиснутих умовах міжелектродного простору створює передумови для надійного закріплення газових пухирців на пластівцях й інтенсивній коагуляції забруднень, що забезпечує ефективність флотаційного процесу. Такі установки називаються електрокоагуляційно-флотаційними. При пропускній здатності до 10-15 тис. $\text{м}^3/\text{год}$ установки можуть бути однокамерними, а при більшій пропускній здатності - двокамерними горизонтального або вертикального типу.

Коагулянти можна вводити безпосередньо у вигляді відповідних солей або за рахунок організації активного анода. Тобто, організується попередня (перша) секція електрокоагуляції, де відбувається розчинення анода й утворення гідроокисних структур, які виконують коагулюючі функції. У другій секції

протікає основний процес електрофлотації за рахунок пухирців газів, що утворюються на графітових електродах. Третя секція організується, якщо необхідно додаткове знезаражування очищених стічних вод. У ній за рахунок певного розташування електрода збільшується поверхня його контакту з водою й збільшується кількість пухирців кисню, що утворюються, які виконують функцію окислювача.

Метод електрофлотокоагуляції (ЕФК) дозволяє одночасно здійснювати два процеси - зміна дисперсного стану домішок за рахунок їхньої коагуляції під дією електричного поля - коагуляція й закріплення пухирців електролітичного газу на поверхні часток, що коагулюють, що забезпечує їхню наступну флотацію. Особливо ефективний процес при анодному (катодному) розчиненні металу електродів. Це пояснюється тим, що коагулюючи активність електрогенерованих реагентів на відміну від коагулянтів, отриманих при гідролізі солей металів, значно вище.

Основними стадіями процесу ЕФК є генерація електролітичного коагулянту, генерація електролітичного газу, коагуляція домішок, закріплення електролітичного газу на поверхні коагульованих домішок (утворення флотокомплексів) і спливання флотокомплексів.

У процесі ЕФК на поверхні води утворюється шар піни, що згрібається з поверхні апарата механічними шкребками, а потім піддається гасінню в піногаснику. Потім осад збезводнюється на спеціальних фільтрах, а кек (збезводнений осад) вивозиться на компостування, а фугат направляється в "голову" очисних споруджень на повторне очищення.

Комбінований метод, що включає електрокоагуляцію й електрофлотацію (ЕФК) відрізняється високим ефектом виділення зі стічної води забруднень, більш економічний за витратами електроенергії й металевих електродів у порівнянні з електрокоагуляцією. При ЕФК установки відпадає необхідність введення реагентів в очищувану рідину. Піна, одержувана при електрокоагуляції має високу стійкість. Ефект очистки в ЕФК апаратах становить за жирами 96–97 %, за зваженими речовинами 90–92 %, за ХПК – 65 %, за БПК_{повн} – 70–75 %.

ТЕМА 9 Регенеративні та деструктивні методи очистки стічних вод від розчинених органічних домішок

1. Очистка стічних вод методом екстракції
2. Перегонка та ректифікація
3. “Вогневий” метод. Метод рідкофазного окислювання

9.1 Очистка стічних вод методом екстракції

Застосування регенераційних методів для очистки виробничих стічних вод дозволяє не тільки знешкоджувати стічні води, але й вилучати з них цінні домішки. У ряді випадків очищені стічні води можуть бути повторно використані у виробництві. Повернення у виробництво вилучених домішок зменшує продуктивні втрати сировини, реагентів і продукції і часто робить процес очистки стічних вод рентабельним. Створення комплексних безвідхідних виробництв

підвищує значення й перспективи використання регенераційних методів очистки стічних вод.

Екстракційний метод широко застосовується для очистки стічних вод від органічних домішок, особливо фенольних стічних вод. Використання методу екстракції економічно доцільно у випадку значної концентрації органічних домішок або високої вартості речовини, що вилучається. Наприклад, добування фенолів зі стічної води раціонально при їх концентрації не менше 2 - 4 г/л.

Екстракція - процес вилучення зі стічних вод одного чи декількох компонентів шляхом введення в стічні води речовини (екстрегенту), що не змішується з ними, але здатної розчиняти забруднення, що перебувають в них. В результаті чого речовина, що екстрагується переходить в екстрагент. При цьому сам розчинник не повинен розчинятися у воді.

Технологічний процес екстракції складається з двох послідовних операцій – 1) вилучення компонентів з очищуваної води (сама екстракція), 2) регенерація екстрагента (його відокремлення від екстрагованих речовин).

У процесі екстракції розчинена речовина розподіляється між стічною водою і екстрагентом до досягнення рівноваги, яка характеризується законом рівноважного розподілу, що виражають через коефіцієнт розподілу

$$K_p = \frac{C_e}{C_v}, \quad (9.1)$$

де C_e , і C_v , – відповідно концентрація розчиненої речовини в екстрагенті і у воді.

Коефіцієнт розподілу залежить від ряду факторів: температури, присутності домішок у воді та екстрагенті тощо.

Для успішного протікання процесу екстракції екстрагент повинен мати наступні властивості: 1) мати гарну екстрагуючу здатність стосовно речовини, що вилучається, тобто високий коефіцієнт розподілу; 2) володіти певною селективністю - здатністю екстрагувати із складної водної системи одну або певну групу речовин; 3) відрізнятися малою розчинністю у воді (з іншого боку, вода повинна мало розчинятися в екстрагенті); 4) помітно відрізнятися щільністю від щільності води, що забезпечує швидкий і повний розподіл фаз; 5) мати температуру кипіння, що значно відрізняється від температури кипіння екстрагуючої речовини, що забезпечує легкість їхнього розділу; 6) не взаємодіяти з екстрагуючою речовиною, матеріалом апаратури і не піддаватися помітному гідролізу; 7) мати невелику питому теплоту випару й малу теплоємність, що дозволяє знизити витрати пари й охолодної води; 8) мати можливо меншу вогне небезпечність, вибухонебезпечність і токсичність; 9) мати низьку вартість.

Як екстрагенти можуть застосовуватися органічні розчинники – етілацетат, бутілацетат, бензол, толуол.

Часто екстракція сумішшю двох розчинників виявляється більш ефективною, ніж роздільне застосування компонентів суміші.

Екстракція може бути одноступенева і багатоступенева з послідовним введенням екстрагента, коли в кожний ступень подається свіжий екстрагент.

За схемами контакту стічної води з екстрагентом підрозділяються на ступенево-протиточні й безперервної протиточні.

Для екстракційної очистки стічних вод застосовують схеми багатоступінчастої протиточної екстракції і безперервної протиточної екстракції. Схеми установок одноступінчастої (однократної) і багатоступінчастої екстракції в перехресному струмі не одержали поширення внаслідок недостатньої ефективності і великої витрати екстрагента.

При екстракції за багатоступінчастою протиточною схемою стічна вода і екстрагент надходять із протилежних кінців установки, що складається з декількох ступенів, кожна з яких включає змішувач води і екстрагенти та відстійник (або відцентровий сепаратор). Стічна вода і екстрагент рухаються назустріч один одному, в результаті очищена стічна вода виходить із останнього ступеня, а кінцевий екстракт - з першого ступеня. На останньому ступені стічна вода, що містить невелику кількість вилучаємих домішок змішується зі свіжим екстрагентом, а на першому ступені вихідна стічна вода контактує з екстрагентом, що містить деяку кількість домішок. Завдяки цьому досягається більш рушійна сила процесу екстракції й висока ефективність очистки стічних вод.

При безперервної протиточної екстракції стічна вода (дисперсійне середовище) і краплі диспергированного екстрагента (дисперсна фаза) рухаються назустріч один одному й домішки стічної води безупинно переходять в екстрагент. Поділ фаз відбувається на вході й виході з апарата. Ця схема також забезпечує високу рушійну силу процесу екстракції.

При безперервній протиточній екстракції стічна вода (дисперсійне середовище) та краплі диспергованого екстрагента (дисперсійна фаза) рухаються назустріч одна одній і домішки стічної води безперервно переходять в екстрагент. Розділ фаз здійснюється на вході та виході з апарата. Ця схема також забезпечує високу рушійну силу процесу екстракції.

У деяких випадках екстрагент може бути дисперсійним середовищем. Метод безперервної протиточної екстракції найбільш часто використовується для очистки стічних вод.

Відповідно до зазначених схем для очистки стічних вод застосовують дві групи екстракційних апаратів:

- 1) східчасті екстрактори;
- 2) диференційно-контактні екстрактори, у яких відбувається практично безперервна зміна складу фаз.

Технологічна схема очистки стічних вод екстракційним методом залежить від кількості і складу стічних вод, властивостей екстрагента, способу його регенерації й ряду інших факторів. Зазначена технологічна схема включає звичайно чотири установки: 1) підготовки води; 2) екстракції; 3) регенерації розчинника з очищеної води; 4) регенерації розчинника з екстракту.

До складу установок підготовки води для екстракційної очистки звичайно включають відстійники, флотатори, фільтри для механічної очистки; нейтралізатори для доведення рН до необхідної величини; карбонізатори для обробки стічних вод, що містять аміак; поверхневі холодильники для охолодження стічної води до температури не вище 30 – 40⁰С.

Очищена від емульгованих і суспендованих часток (наприклад, смол, масел, нафталіну, золи) стічна вода надходить на екстракційну установку. До складу цієї установки входять колона для уловлювання пари розчинника 1 (рис. 9.1), насоси 2, 4, екстрактор 3 і збірник екстрагента 5. Колона 1 зазвичай являє собою зрошувальну насадочну колону, вода в яку подається зверху, а гази, що не конденсують, і пари з апаратів надходять знизу.

Розчинений у воді екстрагент звичайно регенерує шляхом відгону у вигляді азеотропної суміші з водою. Відгін розчинника здійснюється звичайно в насадковій колоні, в яку зверху подається підігріта очищена вода, а знизу - гостра пара. Вода, що подається в колону, піддається за рахунок тепла води, що виходить із колони.

Розчинники, що мають високий тиск пари, можуть бути регенеровані шляхом віддувки повітрям або іншими газами. Це дозволяє знизити витрату тепла на підігрів води, а також зменшити втрати розчинника, викликані гідролізом при підвищеній температурі.

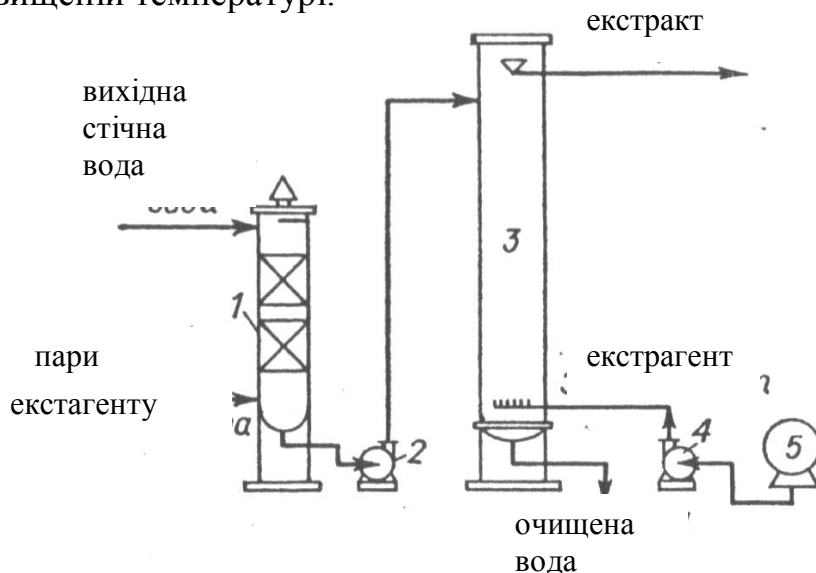


Рисунок 9.1 – Схема екстракційної установки для очистки стічних вод від фенолів:

1 - колона уловлювання пари екстрагента;
2, 4 - насоси; 3 - екстрактор; 5 - збірник екстрагента

Для розчинників, що легко гідролізуються, мають високу вартість і володіють високою температурою кипіння, теплоємністю й теплотою паротворення, може бути доцільним застосування методу реекстракції. Сутність методу полягає в тому, що розчинник з води екстрагується іншим більш дешевим розчинником, що потім може бути легко вилучений з води методом перегонки.

Для регенерації розчинника з фенольних екстрактів застосовують двоступінчасту ректифікацію. На першому ступені в ректифікаційній колоні, що працює при атмосферному тиску, відганяється частина розчинника. Згущений екстракт надходить для повного видалення розчинника в ректифікаційну колону другого щабля, що працює під вакуумом $6 \cdot 10^3$ Па або при атмосферному тиску.

Відгін розчинника у вигляді азеотропної суміші з водою, що має температуру менше 100⁰С (для азеотропної суміші бутилацетат – вода – 90,2⁰С), виробляють гострою парою.

9.2 Перегонка та ректифікація (евапорація)

Перегонка і ректифікація є одним з найпоширеніших методів видалення зі стічних вод розчинених органічних рідин. Установки перегонки і ректифікації стічних вод, як правило, входять до складу технологічних схем основних виробництв. Видалені зі стічної води домішки звичайно використовують на цих же виробництвах.

Для очистки стічних вод застосовують просту перегонку, перегонку в присутності водяної пари або інертних носіїв, азеотропну перегонку, а також ректифікацію у відгінних колонах, у присутності водяної пари і азеотропну ректифікацію.

Специфічність процесу очистки стічних вод цими методами обумовлюється відносно малими концентраціями домішок і необхідністю практично повного виділення їх зі стічних вод.

Проста перегонка (дистиляція) це найбільш простий спосіб перегонки. Проста перегонка (дистиляція) являє собою процес однократного часткового випаровування рідини суміші й конденсації пари, що утворюється. Перегонка основана на тому, що рідину нагрівають до температури кипіння і пару її відводять газовідвідною трубою у другий посуд. Охолоджуючись, пара конденсується, а нелетучі домішки остаються у перегінній колбі.

Установка складається з перегінного кубу, конденсатора и приймача для дистиляту. Перегінний куб зазвичай постачають змійовиком для підігріву рідини за допомогою водяної пари або застосовують інші способи підігріву.

Поділ перегонкою оснований на різній летучості компонентів суміші за однієї й тій самій або на відміні температур кипіння компонентів суміші за одного й того ж тиску. Тому при перегонці всі компоненти суміші переходять у пароподібний стан.

Просту перегонку проводять на установці періодичної дії шляхом поступового випару стічної води, що перебуває в перегінному кубі. Пари, що утворюються, конденсуються в конденсаторі-холодильнику, і дистилят надходить у збірник. Просту перегонку здійснюють також і безперервним методом. Метод простої перегонки доцільно застосовувати для очистки стічних вод від домішок, температура кипіння яких значно нижче температури кипіння води (ацетон, метиловий спирт і т.п.).

Недоліки – використовують просту перегонку для попереднього грубого поділу сумішей. Для отримання більш або менш чистих кінцевих продуктів цей метод є досить громіздким і зв'язаний з дуже великими витратами тепла.

Досить часто для очистки стічних вод застосовують перегонку з водяною парою. Відмінність цієї схеми від схеми простої перегонки полягає у введенні гострої пари безпосередньо в стічну воду, що спрощує конструкції перегінних апаратів, знижує витрату тепла на перегонку. Для відгону зі стічної води домішок використовують інертні носії, наприклад газу, азот, диоксид вуглецю та ін.

Застосування цього методу доцільно для виділення домішок, що мають високий тиск пари і, відповідно, низьку температуру кипіння, зміст яких у стічній воді не великий (100 - 200 мг/л).

Недоліком методу відгону з інертними носіями є складності, які пов'язані з відділенням дистиляту, що важко спалюється від інертного носія.

Отримувана під час перегонки пара містить велику кількість легколетючого чи низькокиплячого компоненту (НК), ніж вихідна суміш. Отже, в процесі перегонки рідка фаза біднішає, а парова фаза збагачується НК. Рідина, що не випарилася, відповідно має склад, більш багатий важколетючим, чи висококиплячим, компонентом (ВК). Цю рідину називають залишком, а рідину, отримвану в результаті конденсації пари, – дистилятом або ректифікатом. У випадку, коли необхідно повний поділ вихідної суміші, застосовують так звану ректифікацію.

Ректифікація

Ректифікація являє собою процес *багатократного* часткового випаровування рідини і конденсації пари. Процес здійснюється шляхом багатократного контакту потоків рідини та пари, які мають різну температуру. Зазвичай здійснюють у колонних апаратах. При кожному контакті з рідиною випаровується переважно НК, якими збагачується пара, а з пари конденсується переважно ВК, що переходить у рідину. Такий двобічний обмін компонентами, що повторюється багаторазово, дозволяє отримати пару, що являє собою чистий НК. Ця пара після конденсації у теплообмінному апараті дає *дистилят (ректифікат)* і *флегму* – рідину, що повертається для зрошення колони і взаємодії з парою, що піднімається.

Ректифікація являє собою перегонку, яка здійснюється так, що пара, утворювана у перегінному апараті приходить у взаємодію з рідиною, отримуваною шляхом часткової конденсації пари, що раніше виділилася.

Схема *ректифікаційної відгінної колони* представлена на рисунку 6.5. Стічна вода в рідкій фазі L подається на верхню тарілку відгінної колони 1 (або на насадку), з якої відводяться пари D зі складом V_D , що є одним з кінцевих продуктів. Стічна вода з нижньої тарілки відводиться в парціальний кип'ятильник 2 , у якому за рахунок подачі тепла Q піддається частковому википанню і утворює при цьому потік пари, що повертається в колону як парове зрошення. Стічна вода R , що має склад X_R відводиться як основний продукт.

Метод очистки у відгінних ректифікаційних колонах застосовується для виділення зі стічних вод багатьох органічних домішок (бензолу, хлорбензолу, бутилацетата та ін.).

Пароциркуляційний метод очистки полягає у ректифікації стічних вод у відгінній колоні з використанням циркулюючої водяної пари та послідууючої відмивки циркулюючої пари за допомогою луги або інших реагентів. Принципова схема скрубера для знефенолювання стічних вод пароциркуляційним методом наведена на рисунку 9.3.

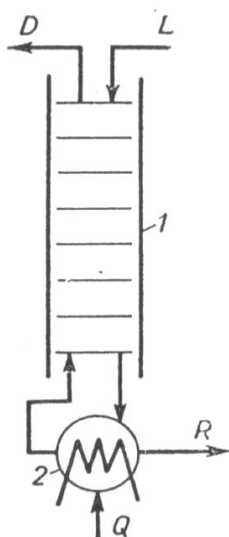


Рисунок 9.2 – Принципова схема відгінної колони:
 1 – відгінна колона;
 2 – кип'ятильник

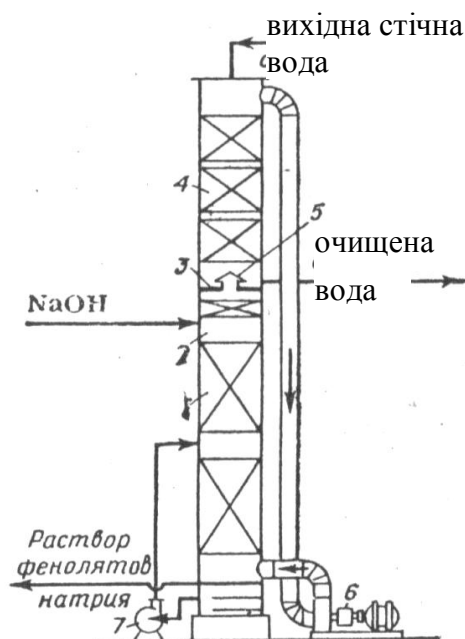


Рисунок 9.3 – Принципова схема скрубера для знефенолювання стічних вод пароциркуляційним методом:
 1 – поглинальна секція; 2 – скруббер;
 3 – глуха тарілка; 4 – відгінна секція;
 5 – патрубок; 6 – вентилятор; 7 – насос для циркуляції розчину фенолятів

Очистка стічних вод від розчинених органічних домішок деструктивними методами

9.3 “Вогневий” метод. Метод рідкофазного окислювання

До основних деструктивних методів знешкодження стічних вод від органічних домішок відносяться термоокислювальні, окислювальні методи (наприклад, озонування, хлорування), а також електрохімічне окислення. Деструктивні метод застосовують у разі неможливості або економічної недоцільності вилучення домішок зі стічних вод. Вибір деструктивного методу для знешкодження стічних вод здійснюється з урахуванням витрати стічних вод, складу та властивостей домішок, вимог до якості очищеної води та можливості її повторного використання.

До термоокислювальних методів знешкодження стічних вод відносяться паровфазне окислювання (“вогневий” метод) та рідкофазне окислювання. Сутність цих методів полягає в окислюванні домішок киснем повітря при підвищеній температурі.

Сутність термоокислювального методу знешкодження “вогневим” методом полягає у тому, що стічна вода, яка вводиться в розпиленому стані у високотемпературні (900-1000°C) продукти горіння палива, випаровується і органічні домішки води згорають, утворюючи продукти повного згорання.

Мінеральні домішки при цьому утворюють тверді або розплавлені частки, які вводяться з робочої камери печі або уносяться димовими газами.

Недоліком цього методу є висока втрата палива та перегрів водяної пари до 900-1000°C. У зв'язку з цим застосування “вогневого” методу знешкодження стічних вод доцільно:

- 1) для невеликої кількості стічних вод, що містять високотоксичні органічні домішки, влучення та знешкодження яких іншими методами неможливо або економічно недоцільно;
- 2) при вилученні розчинених цінних мінеральних домішок;
- 3) у разі наявності горючих виробничних відходів (наприклад, кубові залишки, що скидаються), гази які можуть бути використані замість палива.

Метод рідкофазного окислювання

Сутність термоокислювального рідкофазного знешкодження стічних вод («мокрого» спалювання) полягає в окислюванні киснем повітря органічних домішок стічної води при підвищеній температурі (звичайно до 350⁰C) і тиску, що забезпечує знаходження води в рідкій фазі. Температура процесу повинна бути нижче 374⁰C – критичної температури води. Перевага даного методу знешкодження стічних вод полягає в значно менших витратах тепла внаслідок відсутності необхідності випару води і нагрівання пар до високих температур. Залежно від температури і часу контакту окислювання органічних домішок стічних вод відбувається повністю або частково.

Принципова технологічна схема установки термоокислювального рідкофазного знешкодження стічних вод представлена на рисунку 9.4, а. Стічна вода зі збірника 1 за допомогою відцентрового насоса 2 і насоси високого тиску 3 подається через теплообмінники 4 (I і II ступеня) в реактор 5. У теплообмінниках стічна вода підігривається за рахунок тепла очищеної стічної води. Стиснене повітря від компресора 7 подається в трубопровід стічної води перед теплообмінником I ступеня, тому процес окислювальної деструкції домішок стічних вод починається в теплообмінниках і трубопроводах і триває в реакторі. Суміш продуктів окислювання - вода, пара, гази й зола - з реактора через теплообмінник 4 (II ступеня) надходить у сепаратор 6, у якому газові продукти відділяються від рідини. Газова фаза із сепаратора надходить у блок утилізації енергії, що складає з повітряного компресора 7, газової турбіни 8 і мотора-генератора 9. Вихлопні гази з турбіни викидаються в атмосферу. Рідка фаза, що містить золу, проходить теплообмінник I ступеня і змієвиковий теплообмінник, розташований у збірнику 1, в яких віддає своє тепло вихідній стічній воді.

Для знешкодження стічних вод, що містять значну кількість органічних домішок, може застосовуватися схема установки, яка зображена на рисунку 9.4, б. Висока концентрація домішок виключає необхідність підігріву води в теплообміннику, крім пускового періоду. У той же час доцільно здійснювати підігрів повітря і зволожувати його у зволожувачі 10.

Для очистки стічних вод, що містять невелику кількість органічних домішок, більш придатна схема, що надана на рисунку 9.4, в. За цією схемою виробляється циркуляція гарячої очищеної води з метою більш повної віддачі тепла вихідній стічній воді.

Рекуперація надлишкової кількості тепла можлива також шляхом одержання водяної пари, використовуваного потім для опалення або на виробництві.

Ефективність знешкодження стічних вод залежить в основному від температури процесу окислювання. Зі збільшенням температури вміст домішок у стічній воді різко зменшується, а швидкість реакції окислювання зростає. Збільшення парціального тиску кисню при постійній температурі практично не робить впливу на ефективність процесу окислювання.

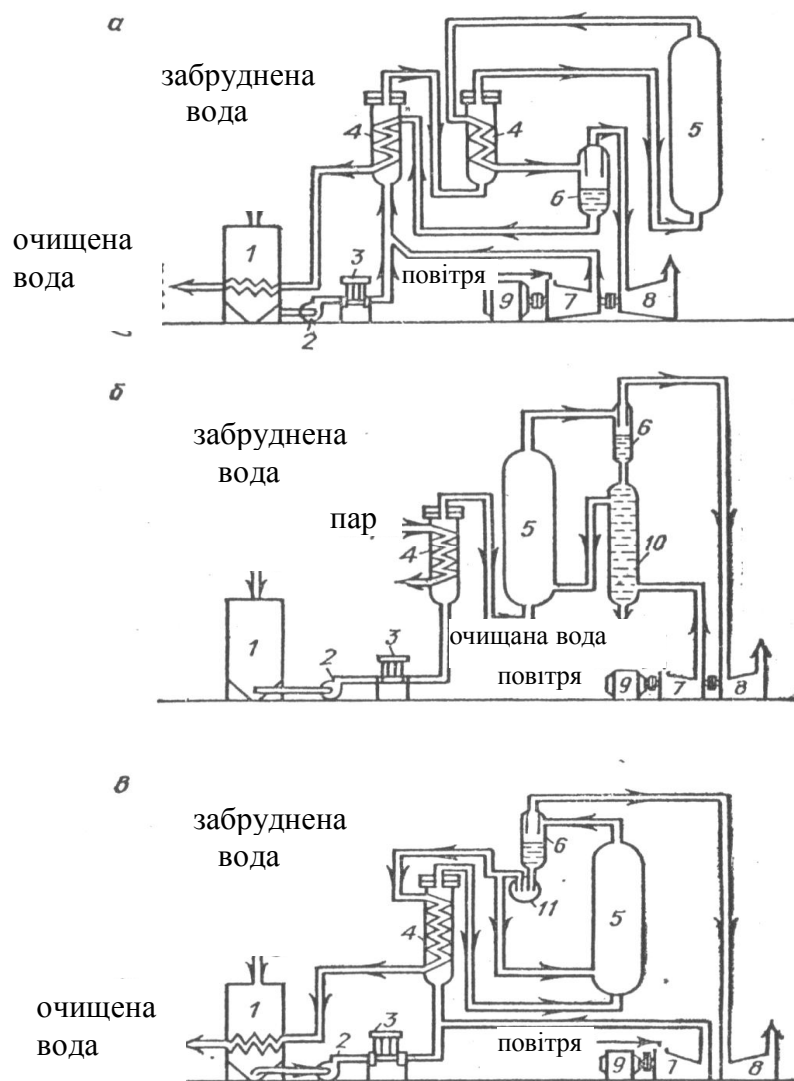


Рисунок 9.4 – Схеми установок для знешкодження стічних вод:
а - універсальна установка; б - великі кількості забруднень;

в - малі кількості забруднень:

- 1 – збірник стічної води; 2 – насос; 3 – насос високого тиску;
4 – теплообмінник; 5 – реактор; 6 – сепаратор; 7 – повітряний компресор;
8 – газова турбіна; 9 – синхронний мотор-генератор; 10 – зволожувач;
11 – циркуляційний насос.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Водоотводящие системы промышленных предприятий : учеб. для вузов / С.В. Яковлев, И.Я. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов / Под ред. С.В. Яковлева. – Москва: Стройиздат, 1990. – 510 с.
2. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов / С.В. Яковлев, С.В. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун. – Москва: Стройиздат, 1996. – 591 с.
3. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – Москва: АСВ, 2004. – 704 с.
4. Красавцев Г. Н. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии / Г. Н. Красавцев, Ю.И. Ильичев, А. И Кашуба. – Москва: Металлургия, 1989. – 288 с.
5. Григоруку Н.О. Водоснабжение, канализация и очистка сточных вод коксохимических предприятий / Н.О. Григоруку, Г.П. Пушкарев – Москва: Металлургия, 1987. – 120 с.
6. Ансеров Ю. М. Машиностроение и охрана окружающей среды / Ю. М. Ансеров, В. Л. Дурнев. –Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1979. – 224 с.
7. . Макаров В. М Рациональное использование и очистка воды на машиностроительных предприятиях / В. М. Макаров, Ю. П. Беличенко, В. С. Галустов. – Москва : Машиностроение, 1988. –272 с.
8. Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод : (Справ. пособие) / А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер; под ред. А.И. Жукова. – Москва : Стройиздат, 1977. – 204 с.
9. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Под ред. В.Н. Самохина. Изд. 2-е. Москва: Стройиздат, 1981. – 639с.
10. Долина Л. Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для механической очистки производственных сточных вод : учеб. пособие / Л.Ф. Долина - Днепрпетровск: Континент, - 2004. – 93 с.
11. Долина Л. Ф. Проектирование и расчет сооружений и установок для физико-химической очистки производственных сточных вод : учеб. пособие – Днепрпетровск : Континент, 2004. – 127 с.
12. Проскураков В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности. / В. А. Проскураков, Л. И. Шмидт. – Л.: Химия, 1977. – 464 с.
13. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. - Москва: Стройиздат, 1986.
14. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А. П. Нечаев, М. И. Алексеев. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
15. Молоков М. В. Очистка поверхностного стока с территории городов промышленных площадок. / М. В. Молоков, В. А. Проскураков, В. Н. Шифрин. – Москва : Стройиздат, 1977. – 104 с.
16. Соколов Л. И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий. – Москва : Изд-во АСВ, 1997. – 256 с.

Навчальне видання

АЙРАПЕТЯН Тамара Степанівна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД»

*(для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання
напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси),
фахове спрямування «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»)*

Відповідальний за випуск *С. С. Душкін*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Т. С. Айрапетян*

План 2016, поз. 64Л

Підп. до друку 17.11.2016
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 6,8
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.